

Caractérisation de la régulation naturelle des principaux ravageurs des céréales en saison sèche sur un bas-fond rizicole au Bénin



Etudiant : Alexandre BOUCHER

Maître de stage : Pierre Silvie (Entomologiste, IRD/Cirad)

Organismes d'accueil : Cirad (UPR AïDA) / AfricaRice

Lieux de déroulement du stage :

Bénin : Abomey-Calavi (siège AfricaRice), Pélébina

Montpellier : Cirad, campus de Lavalette et Baillarguet

Stage comptant pour l'obtention du

Master 2 Pro Ecologie, Biodiversité, Evolution

spécialité Ingénierie Ecologique

Table des matières

Présentation de la structure d'accueil	4
Résumé et Abstract.....	5
1. Introduction	6
1.1. Contexte général	6
1.2. Site d'étude.....	9
1.2.1. Localisation de la zone d'étude	9
1.2.2. Écologie du système étudié	9
1.2.3. Description du bas-fond	10
2. Biologie des foreurs et méthodes d'étude	11
2.1. Biologie (simplifiée) des foreurs de céréales.....	11
2.1.1. Cycle de vie et plantes-hôtes	11
2.1.2. Ennemis naturels	12
2.2. Méthodes d'étude	13
2.2.1. Relevé géographique des éléments du paysage et description des milieux.....	13
2.2.2. Méthodes d'observations adoptées selon les périodes	16
2.3. Identification des insectes	23
3. Résultats	24
3.1. Composition paysagère du bas-fond de mars à juillet 2014	24
3.2. Foreurs de tige rencontrés en saison sèche à différents stades de développement (larves et adultes)	26
3.2.1. Jachères sèches : plantes-hôtes infestées et tiges occupées.....	26
3.2.2. Jachères humides.....	30
3.3. La régulation naturelle dans le bas-fond de Kounga	32
3.3.1. Insectes parasitoïdes	32
3.3.2. Arthropodes prédateurs.....	35
3.4. Autres hôtes présents dans les tiges de Poacées ?	37
3.5. Le gombo, principale culture-relai entre saison sèche et saison humide.....	38
4. Discussion	40
4.1. Réponses aux problématiques	40
4.2. Importance du savoir local	44
4.2.2. Début des analyses des enquêtes sur les pratiques culturelles.....	45
4.3. Difficultés de l'étude.....	47
4.3.1. Difficultés d'analyse	47

4.3.2. Difficultés d'ordre technique et humain.....	50
5. Conclusion.....	51
Références bibliographiques	52

Remerciements

Nombreux ont été les aides, les soutiens et les instants de réflexion et de discussion que j'ai pu avoir avec tous les acteurs suivants. Ils m'ont beaucoup accompagné dans mes moments de doute, de fatigue, et ont développé chez moi un intérêt, une passion pour le monde de l'entomologie en général, et du contrôle biologique en particulier. J'ai aussi grâce à eux pu explorer la vie dans un village béninois et ainsi élargir ma vision de l'agriculture, de la culture, et de la vie en général.

Merci donc :

- A Pierre Silvie, un maître de stage passionné et passionnant, avec qui j'ai beaucoup appris
- A toute l'équipe de l'UPR AïDA de Montpellier : François-Régis Goebel, Sandrine Auzoux, Pierre Martin ; ainsi que Anne-Laure Fruteau de Laclos
- A toute l'équipe AfricaRice/Cirad présente sur place et qui a encadré le déroulement et le soutien technique de ce stage : Cyrille Adda, Joël Huat, Pascal Marnotte, et Philippe Menozzi que je remercie chaleureusement pour son accueil à Cotonou.
- Aux taxonomistes, sans qui toute cette analyse n'aurait jamais été possible : Georg Gorgen (IITA/AfricaRice), Gérard Delvare, Henri-Pierre Aberlenc, Bruno Michel, Antoine Foucard, Jean-Claude Streito(Cirad), Hans Feijen (Naturalis).
- Aux agents de terrain de Pélébina : Djibril Sama pour son travail et ses connaissances accumulées ; Ibrahim Awi Z., Ibrahim Babandjida et Samson Ouorou pour la récolte de données.
- A tous les gens et autorités de Pélébina qui m'ont accueilli au village et qui ont rendu mon séjour agréable.

Présentation de la structure d'accueil

Le Cirad :

Le Cirad est un centre de recherche français qui répond, avec les pays du Sud, aux enjeux internationaux de l'agriculture et du développement.

En partenariat avec les pays du Sud dans leur diversité, le Cirad produit et transmet de nouvelles connaissances, pour accompagner leur développement agricole et contribuer au débat sur les grands enjeux mondiaux de l'agronomie.

Organisme de recherche finalisée, le Cirad établit sa programmation à partir des besoins du développement, du terrain au laboratoire, du local au planétaire.

Ses activités relèvent des sciences du vivant, des sciences sociales et des sciences de l'ingénieur appliquées à l'agriculture, à l'alimentation et aux territoires ruraux.

L'UPR AïDA

Créée le 1er janvier 2014, l'unité AïDA (Agroécologie et Intensification Durable des cultures Annuelles) est issue de la fusion des unités Systèmes de culture annuels (SCA) et Systèmes et ingénierie agronomique (Sia). Elle regroupe 90 personnes, dont 55 chercheurs, avec un large éventail de compétences. Elle est structurée en cinq équipes de recherche animée par la volonté collective de mettre en œuvre des démarches interdisciplinaires au service de l'intensification écologique. L'étude, la conception et la proposition de systèmes de culture annuels (riz, blé, sorgho, canne à sucre, cotonnier...), répondant aux exigences de performances agronomiques et environnementales, caractérisent aujourd'hui la demande sociétale et les besoins du développement.

Présentation de l'équipe Carabe

L'équipe Carabe (Caractérisation et gestion intégrée des risques d'origine biotique) cherche à promouvoir une gestion intégrée et durable des populations de bioagresseurs à l'échelle de l'agrosystème. Cette gestion intégrée associe pratiques culturales, choix de cultivars pour leur résistance aux maladies et aux insectes ainsi que pour leur comportement vis-à-vis des enherbements, exploitation de la flore et de la faune utile et aménagement spatial de l'habitat.

Résumé et Abstract

Cette étude a été menée afin d'appréhender la régulation naturelle des ravageurs des céréales dans un bas-fond rizicole situé au nord du Bénin. Le modèle biologique choisi est basé sur l'interaction entre les foreurs de tige du riz, du maïs et du sorgho et le cortège de leurs ennemis naturels dans une approche holistique du paysage. L'étude a été conduite durant la saison sèche. Des récoltes de tiges de Poacées sauvages et des fauchages systématiques sur de jachères constituent l'essentiel des données recueillies. Des résultats ont été obtenus en lien avec la survie des foreurs de tige en saison sèche dans des plantes-hôtes secondaires et des milieux cultivés. Des insectes parasitoïdes ainsi que quelques prédateurs ont pu être récoltés par fauchage, leur impact sur les foreurs de tige n'a donc pas pu être mesuré. Les mouvements annuels des populations d'insectes et le rôle de cultures relais sont discutés. L'importance du savoir paysan et de sa capitalisation dans des études à l'échelle locale est un autre résultat intéressant de cette étude.

This study is about the characterization of the natural pest regulation of cereal crop pests in a ricefield lowland in North Benin. Chosen biological model is based on the interaction between rice, sorghum and maize stem borers and the procession of their natural enemies in a holistic approach of the landscape. The present study is led during the dry season. Wild gramineous stalks harvest and systematic reapings on fallows build up the main part of the collect of data. Results were obtained about the survival of stem borers during dry season in secondary host-plants and crops. Parasitoid insects as well as predators were able to be collected, but their impact on the borers is not proved yet. Thanks to an approach on an annual crop cycle, movements of populations of insects and the role of relay crops were highlighted. The importance of the farmer knowledge and its capitalization in studies at a local scale is another interesting release of this study.

1. Introduction

1.1. Contexte général

L'intensification de l'agriculture ayant eu cours dans les pays industrialisés du Nord depuis la deuxième moitié du XXème siècle a conduit à une augmentation des rendements des cultures mais également à une simplification des paysages agricoles et une réduction de la biodiversité (Altieri, 1999 ; Bianchi *et al.*, 2006). À l'inverse, certains pays d'Afrique sub-Saharienne ont conservé une tradition d'agriculture souvent qualifiée de « familiale », pratiquant la polyculture et employant des techniques agricoles nécessitant un faible niveau d'intrants et de technologie (peu ou pas d'engrais, mise en jachère, creusage de canaux d'irrigation, ...). Ces modalités de culture (et d'élevage) laissent davantage d'espaces aux habitats naturels et semi-naturels, et la biodiversité est favorisée à tous les échelons taxonomiques (Benton *et al.*, 2003). Toutefois, avec l'augmentation de la population et des densités humaines dans certaines régions (plus de 1000 habitants/km² à l'Ouest du Kenya e.g.), ces méthodes de culture sont menacées, notamment par la fragmentation du paysage.

En Afrique de l'Ouest, les cultures céréalières de riz (*Oryza sativa* L.), de maïs (*Zea mays* L.) et de sorgho (*Sorghum bicolor* Pers.) sont très répandues car elles sont d'intérêt majeur pour la nutrition d'une population en croissance numérique constante. Ces cultures sont attaquées au champ par des animaux et maladies, Mammifères (singes, rongeurs,...), Oiseaux (en particulier sur le riz au moment des récoltes), et de nombreux Insectes. Parmi ces derniers les Lépidoptères foreurs des tiges, des épis ou des panicules, des familles des Pyralidae, Crambidae et Noctuidae, sont considérés comme les plus importants (Alghali, 1983 ; Kfir *et al.*, 2002 ; Adda *et al.*, 2009). Ils sont spécialisés sur une seule culture ou polyphages, comme certaines espèces du genre *Sesamia* (Noctuidae). Mais des Diptères sont également responsables de dégâts, comme les Diopsidae, très répandus, qui s'attaquent au riz : l'espèce reconnue comme la plus importante pour ses impacts biologique et économique est *Diopsis longicornis*(=*thoracica*) Westwood (Descamps, 1957 ; Brenière, 1969). Ces ravageurs ont été observés et étudiés dans toute l'Afrique.

La lutte préconisée contre ces ravageurs est la lutte intégrée ou IPM (Integrated Pest Management), paradigme qui prévoit l'emploi de différents moyens pour combattre les ravageurs des cultures, avec la recherche d'une réduction de l'usage des molécules organiques de synthèse pour minimiser l'impact des produits phytosanitaires. En effet, en cas de fortes infestations la lutte chimique reste souvent le seul moyen de pouvoir contrer

efficacement les ravageurs. Mais cette modalité de lutte souffre dans les pays de la zone sub-Saharienne d'un manque de moyens ou d'investissements, de la rareté des produits homologués et du peu d'alphabétisation (notices en anglais), mais aussi d'un manque d'éducation des agriculteurs sur l'utilisation des produits. Ces facteurs accentuent l'impact de cette pratique sur la santé humaine et sur l'environnement. L'adoption de l'IPM prévoit l'intégration d'autres méthodes respectueuses de l'environnement. Ces méthodes font appel aux pratiques culturales (assolement, fertilisation, travail du sol, semis...), à la résistance variétale, à l'utilisation de produits d'origine végétale ou à l'emploi d'ennemis naturels comme les Hyménoptères parasitoïdes (Polaszek, 1998).

Quelques études sur le parasitisme des foreurs de tige ont déjà été menées en zone tropicale sur le territoire béninois (Sétamou et Schulthess, 1995 ; Schulthess *et al.*, 2001). La plupart de ces études étaient limitées à une approche relevant du seul champ cultivé, avec des solutions appliquées à l'échelle de la parcelle.

À l'image des concepts développés dans les pays industrialisés du Nord, une approche prenant en compte les éléments constitutifs du paysage (champs, haies, milieux non cultivés...) a été récemment envisagée par l'Unité de Recherche Aïda du Cirad dans plusieurs zones tropicales (Sénégal, Bénin), approche réunissant dans un premier temps des connaissances en agronomie et en écologie du paysage.

Le schéma conceptuel de la Fig. 1, issu des travaux de Crowder et Harwood (2014) permet de situer l'approche adoptée dans le cas du Bénin : l'étude des effets des pratiques culturales et des éléments de paysage sur les abondances des ravageurs et de leurs ennemis naturels. La question du changement climatique n'est pas abordée.

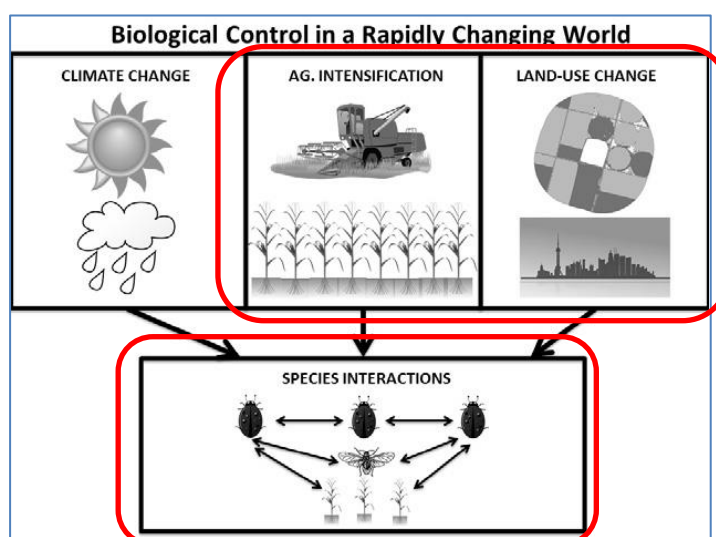


Figure 1 : Schéma conceptuel (Crowder et Harwood, 2014) pouvant résumer la démarche adoptée dans l'étude globale conduite au Bénin.

La zone d'étude, élargie à des échelles plus larges, est considérée comme un paysage fragmenté, en constante modification par les facteurs climatiques, les pratiques culturelles et les processus biologiques. Les populations d'insectes, bio-agresseurs tout comme leurs ennemis naturels, sont en déplacement dans cette matrice composite et sont dépendants de ces modifications.

Cette approche n'a été que très récemment développée au Bénin. Elle bénéficie du cadre institutionnel et du financement des activités de la composante 3 du projet RAP¹ II d'AfricaRice (Milestone GRISP : 3.3.4.4 : *Prototype integrated management strategies for ecological intensification and diversification of peri-urban rice-vegetable systems identified*).

Robin Drieu, stagiaire de Montpellier SupAgro en césure, a été présent sur le terrain de juillet à novembre 2013 pendant la saison humide. Ses études se sont centrées sur les cultures céréalières (riz/maïs/sorgho) en plein essor (Annexe 4a).

Le présent mémoire présente les résultats de l'étude conduite durant la période de février à mi-juillet 2014, qui couvre une partie de la saison sèche et le début de la saison humide. La partie majoritaire du stage correspond à un arrêt des cultures de saison pluvieuse et en particulier des céréales dans cette zone.

Les principales questions posées étaient :

- a. Les foreurs de tiges des céréales (riz/maïs/sorgho) continuent-ils leurs cycles de vie sur des plantes-hôtes secondaires de jachère ?
- b. Peut-on qualifier voire quantifier une régulation naturelle de ces ravageurs ?

Des questions secondaires émanaient de la démarche adoptée dans le contexte de la lutte biologique par conservation. Les ennemis naturels connus (parasitoïdes, prédateurs) sont-ils présents dans le bas-fond durant la saison sèche ? Sont-ils présents dans les mêmes milieux que leurs « cibles » ? Existe-t-il des plantes-hôtes et des insectes relais permettant leur survie ? Enfin, la question de l'influence des pratiques culturelles sur les abondances des ravageurs et de leurs ennemis naturels a été abordée à travers des enquêtes sur les pratiques culturelles dont les résultats ne sont pas présentés dans ce mémoire.

¹ Realizing the agricultural potential of inland valley lowlands in sub-Saharan Africa while maintaining their environmental services

Comme dans le cas du stage de Robin Drieu , cette étude a été encadrée et soutenue par des entomologistes d’AfricaRice, de l’IRD et du Cirad, des faunisticiens de l’IITA, de l’IRD/ICRPE et du Cirad/UMR CBGP, des spécialistes en SIG du Cirad, ainsi que des botanistes de l’UAC et du Cirad/SCAC.

1.2. Site d’étude

1.2.1. Localisation de la zone d’étude

Les études poursuivies lors de ce stage se situent dans la région de Djougou, au nord ouest du Bénin, dans le département de la Donga. Le village où se situe l’étude se nomme Pélébina. Il est situé à 450 kms de Cotonou où se trouvent les bureaux et laboratoires d’AfricaRice, et à 27 km au sud de la ville de Djougou, sur la route nationale RNIE3 (Annexe 1).

1.2.2. Écologie du système étudié

La région de Djougou présente un climat de type soudanien avec une répartition bimodale des pluies. La compilation des relevés quotidiens des précipitations des stations de Djougou et de Pélébina de 2010 à 2013 ont permis d’obtenir la figure 2. Cela permet de confirmer la répartition des pluies dans cette région, avec l’existence d’une saison sèche d’octobre à avril et d’une saison humide de mai à septembre (Fig. 2). L’existence d’une saison sèche est importante d’un point de vue biologique (arrêts de développement de certaines espèces).

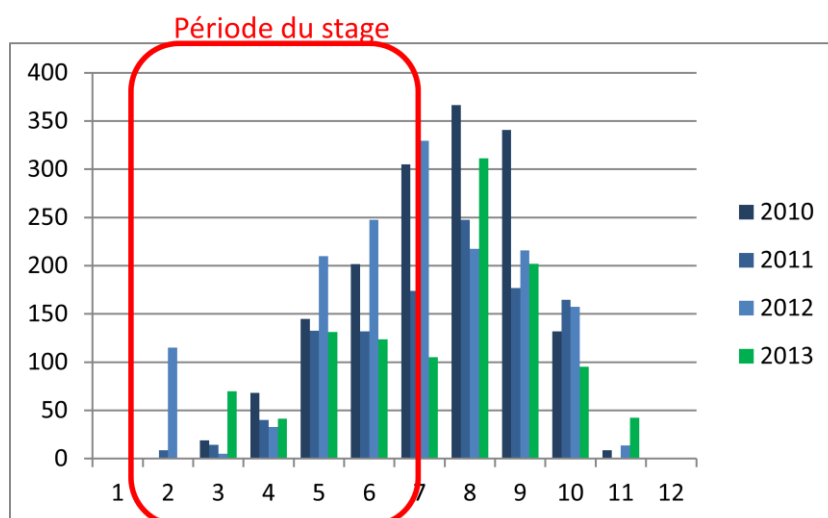


Fig. 2 : Pluviométrie mensuelle à Pélébina (source : projet AMMA Catch(IRD))

La région de Djougou fait partie du bassin versant de l'Ouémé supérieur (Annexe 2), et se présente sous la forme d'un grand plateau creusé de nombreuses structures géologiques appelées 'bas-fonds', définies par Raunet en 2005 comme « des fonds plats ou concaves des vallons, petites vallées et gouttières d'écoulement inondables qui constituent les axes de drainage élémentaires emboîtés dans les épaisses altérations des socles cristallins « pénéplanisés» ». Du fait de leur abondance dans la région (Annexe 2) et de leurs caractéristiques hydro-pédologiques (sol argileux riche) qui permettent une accumulation de l'eau pendant une partie de l'année, les bas-fonds, encore sous-exploités en saison sèche selon Giertz (2006), offrent des zones de culture s'adaptant à la riziculture pluviale, mais aussi à celles du coton ou du maïs dans des zones moins inondées.

Cette distinction entre **zone de bas-fond** proprement dite et **zone de 'plateau'** est adoptée tant par les hydrogéologues que par les autochtones. La zone dite de bas-fond correspond à la zone gorgée d'eau en saison humide, celle des plateaux comprend les parties en haut de pente et ne répondent pas aux mêmes critères de culture. Entre les deux, les '**versants**' sont constitués des pentes reliant ces deux éléments. Ces distinctions sont prises en compte dans ce rapport.

L'étude porte sur une zone de bas-fond rizicole, le bas-fond nommé 'Kounga'.

1.2.3. Description du bas-fond

Situé à l'ouest de la RNIE3, le bas-fond de Kounga présente une orientation Est-Ouest. Il est limité à l'ouest par une petite zone boisée, et à l'est par la RNIE3 ; au nord et au sud, au niveau des plateaux, les savanes arbustives servent de limites. Les délimitations exactes sont délicates à établir, du fait d'un continuum de champs cultivés dans la zone. Ainsi délimité, le bas-fond de Kounga (pris avec les versants et les plateaux) mesure 2,5 km de long et jusqu'à 700 m de large (200 m pour le bas-fond *sensu stricto*). Il n'est jamais vraiment inondé, et la culture du riz se fait donc en saison humide dans un espace aménagé à l'ouest, appelé « bloc de riz » par Robin Drieu (Drieu, 2013). Ces conditions permettent de pouvoir diversifier les cultures, contrairement à une zone qui serait exclusivement exploitée pour le riz. Ainsi, la polyculture est de mise avec pas moins de 15 types de culture mises en place à Kounga, entre saison sèche et saison humide.

Cette diversité de culture a été un critère essentiel dans l'élection initiale de ce bas-fond, également exploité dans les autres projets d'étude que sont le Projet régional AMMA, qui porte sur l'étude de la mousson, le projet SMART –IV (Sawah System) d'AfricaRice dans le

cadre duquel une thèse sera lancée en 2014, et le projet RAP II de AfricaRice (milestone GRISP : 3.3.4.4), auquel ce stage est intégré.

2. Biologie des foreurs et méthodes d'étude

2.1. Biologie (simplifiée) des foreurs de céréales

Les foreurs de tige de céréales représentent un groupe d'insectes à intérêt économique majeur pour l'agriculture au vu de leur répartition sur le globe et les dégâts qu'ils occasionnent (Al-Salti, 1980). Beaucoup de ces foreurs se retrouvent en zone tropicale, et particulièrement en Afrique de l'Ouest. Les foreurs de tige étudiés pour ce projet sont *Sesamia calamistis* (Hampson), *Eldana sacharrina* (Walker), *Busseola fusca* (Hampson), *Coniesta ignefusalis* (Hampson) et *Diopsis* spp.

2.1.1. Cycle de vie et plantes-hôtes

Les femelles de Lépidoptères pondent leurs œufs à l'aisselle des feuilles, sur la gaine foliaire ou directement sur la tige. Les premières phases larvaires sont phyllophages. La chenille reste sur sa plante native ou migre sur une plante de la même espèce ou non. Elle peut alors être la cible de ses ennemis naturels et de traitements insecticides. Cette phase dure environ 1 mois. La chenille pénètre ensuite dans la tige en la forant afin d'y finir sa nutrition et d'entamer sa métamorphose. Il est possible que la métamorphose ne se produise pas du fait de l'entrée de la chenille en vie ralentie (diapause), le temps de passer la saison défavorable. Certaines chenilles consomment plusieurs tiges, avant d'en choisir pour établir la nymphose (Al-Sati, 1980). Une fois la métamorphose accomplie, le papillon s'extraît de la tige par un trou de sortie. Des variations sur le choix des sites d'oviposition de la femelle, des plantes nourricières ou de la durée du stade larvaire avant l'entrée dans la tige peuvent intervenir selon l'espèce de foreur de tige (Calatayud *et al.*, 2014).

Le cycle de vie des *Diopsis* foreurs du riz varie de celui des Lépidoptères : les adultes de *Diopsis thoracica* se retrouvent près des points d'eau préférentiellement ombragés, en essaim d'adultes immatures, pendant la saison sèche (Descamps, 1957). Les adultes se dispersent ensuite pour aller pondre sur le riz dès la période de tallage. Les larves possèdent aussi une période découverte dangereuse : un asticot de *Diopsis* peut attaquer jusqu'à une dizaine de

thalles de riz, mais pendant les changements de tiges, il est susceptible d'être attaqué à son tour.

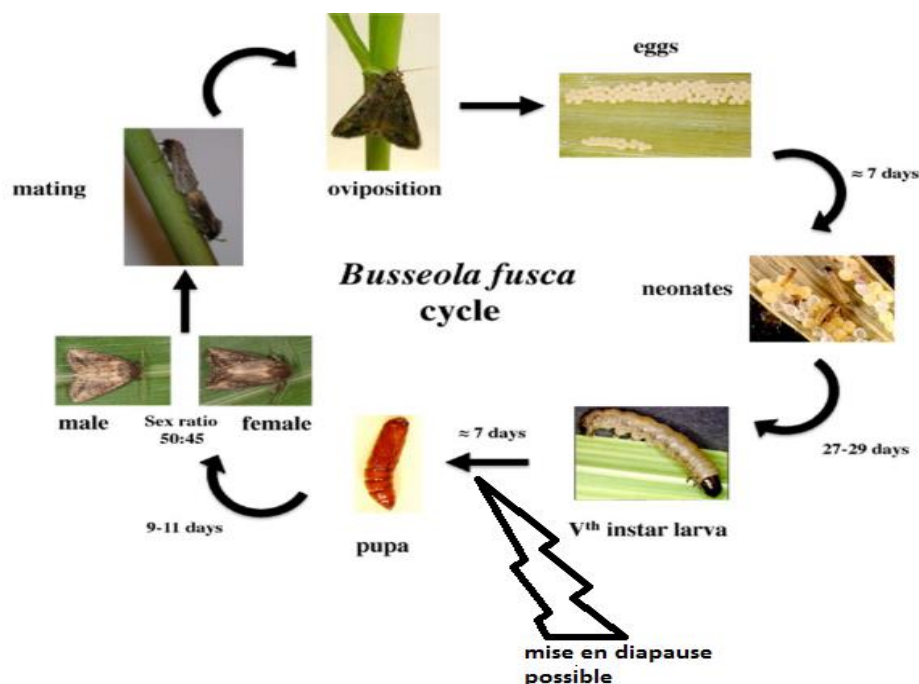


Fig. 3 : Cycle de vie simplifié de *Busseola fusca* (source : Calatayud *et al.* 2014)

Les foreurs s'attaquent principalement aux Poacées vivrières comme le maïs (pour *Sesamia calamistis*, *Mussidia nigrivella*), le sorgho (pour *Busseola fusca*, *Coniesta ignefusalis*) ou le riz (*Diopsis* spp.), mais possèdent également un spectre plus ou moins important de plantes hôtes secondaires, principalement des Poacées dont les plus trouvées dans la littérature sont les genres *Pennisetum* avec *Pennisetum purpureum*, commune à tous les foreurs de tige de notre étude, *Rottboellia* avec *Rottboellia cochinchinensis*, *Andropogon* avec *Andropogon gayanus* ; et les espèces *Sorghum arundinaceum* ou *Paspalum maximum* (Al-Salti, 1980 ; Dabire, 1980 ; Harris *et al.*, 1992 ; Yom *et al.*, 1996 ; Gounou *et Schulthess*, 2004). Des Cypéracées du genre *Cyperus* ont également été retrouvées comme hôtes de foreurs.

2.1.2. Ennemis naturels

La régulation naturelle de ces ravageurs est prise en charge par des organismes multiples, depuis les bactéries, champignons entomopathogènes ou nématodes jusqu'aux autres insectes, prédateurs ou parasites. Au vu des méthodes de capture et d'échantillonnage décrites ci-dessous, ce sont ces deux derniers acteurs qui seront analysés.

Les parasitoïdes des foreurs de tige indigènes trouvés les plus abondamment en sortie d'élevage de foreurs de tige sont des espèces des Hyménoptères des genres (et familles) suivantes :

- *Gonozius* (Bethylidae)
- *Cotesia* (= *Apanteles*), *Bracon* (Braconidae)
- *Syzeuctus* et *Dentichasmias* (Ichneumonidae),
- *Tetrastichus*, *Telenomus*, *Pedobius* et *Eurytoma* (Chalcidoidae).

(Al-Salti, 1980 ; Dabire, 1980 ; Descamps, 1957 ; Harris et al, 1992 ; Yom et al, 1996 ; Heinrich et Barrion, 2004 ; Mailafiya et al, 2010)

Les prédateurs cités dans la littérature appartiennent à divers ordres et familles d'insectes :

- Hemiptera (Reduviidae) : *Coranus* sp., *Rhynocoris albopilosus*, *R. segmentarius*, *Nagusta* sp. (Heinrich et Barrion, 2004 ; Poutouli et al., 2011) ;
- Hymenoptera (Formicidae) ;
- Dermaptera (Forficulidae) : *Diaperasticus erythrocephala* (Seshu Reddy, 1983 ; Haile et Hofsvang, 200, d'après Silvie et al., 2014, congrès AFPP, oct.2014).

2.2. Méthodes d'étude

2.2.1. Relevé géographique des éléments du paysage et description des milieux

Études géographiques du bas-fond et historique

Robin Drieu et Djibril Sama (Drieu, 2013) ont réalisés 2 cartes durant la grande saison de culture du bas-fond (saison des pluies). L'étude réalisée en saison sèche devait donc mettre l'accent sur les milieux non cultivés. En croisant la base de données RAPE (compilation des données de la littérature disponible sur les foreurs de tiges des céréales) avec les relevés floristiques effectués par Robin Drieu et Mr. Paul Hounnankpon Yedomonhan (Herbier National du Bénin, Université d'Abomey-Calavi) en 2013, il a été possible de déterminer les plantes sauvages d'intérêt à observer en priorité, afin de pouvoir délimiter des zones d'étude sur le bas-fond (Fig. 4, extraite de Silvie et al., 2014 (congrès AFPP, oct.2014)).

genres ou espèces	<i>B. fusca</i>	<i>S. calamistis</i>	<i>C. ignefusalis</i>
<i>Andropogon gayanus</i>			
<i>Andropogon</i> sp.			
<i>Cyperus</i> spp.			
<i>Digitaria horizontalis</i>			
<i>Hyparrhenia</i> sp.			
<i>Panicum</i> spp.			
<i>Paspalum scrobiculatum</i>			
<i>Pennisetum polystachion</i>			
<i>Pennisetum</i> sp.			
<i>Pennisetum</i> spp.			
<i>Pennisetum pedicellatum</i>			
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>			
<i>Rynchelytrum repens</i>			
<i>Sporobolus pyramidalis</i>			

Fig. 4 : extrait de la base de données RAPE pour les plantes-hôtes secondaires prioritaires à observer (source : P.Silvie, P.Martin)

Les zones de jachère avaient été cartographiées en totalité précédemment, mais sur de grandes surfaces d'aspects variables où seuls les végétaux dominants avaient été spécifiés (une ou deux espèces végétales par milieu). La cartographie du mois de novembre 2013 n'était plus exploitable au mois de février 2014, car de nombreux feux de brousse étaient survenus sur la partie sud du bas-fond ainsi que quelques champs au nord.

Les informations disponibles étaient donc insuffisantes pour identifier les plantes-hôtes potentielles des insectes foreurs dans tout le bas-fond. L'expertise botanique initialement programmée n'a pas pu être réalisée durant mon stage. Un travail de cartographie était donc nécessaire à entreprendre pour actualiser le positionnement géographique et la composition des jachères en saison sèche.

Travail cartographique sur le terrain

À l'arrivée sur le milieu de travail, les « parcelles » comportant des Poacées susceptibles d'accueillir des foreurs, définies comme **jachères sèches**, ont été délimitées puis relevées. La variabilité dans la taille et la structuration botanique de ces jachères a été notée. Au centre du bas-fond (i.e. la zone d'écoulement de l'eau), d'autres milieux, appelés **jachères humides**, ont été délimités puis relevés. À l'occasion de ces divers relevés des zones de jachère, les milieux cultivés ont également été cartographiés.

Le bas-fond de Kounga étant sujet à de grandes modifications agricoles et végétales entre saison sèche et saison humide deux cartes ont donc été réalisées, en milieu et en fin de stage. Elles représentent l'état des cultures à la fin d'avril 2014 (période de maraîchage) et au début de juillet 2014 (installation des cultures céréalières en début de saison humide).

La méthodologie de mise en cartographie des éléments du paysage a été faite comme suit.

Les relevés GPS ont été réalisés à l'aide d'un appareil Garmin Oregon 650 (GPS) grâce à la fonction 'Tracé de zone'. Une fois les contours enregistrés le traitement de ces données GPS a été réalisé grâce au logiciel QGis v2.0 Dufour, QGis v2.2 Valmeria puis QGis 2.4 Chugiak (téléchargeables gratuitement sur Internet).

Les tracés ont été regroupés par culture (gombo, piment, igname, jachère...) puis transformés en polygones grâce à la boîte à outils donnée par QGis.

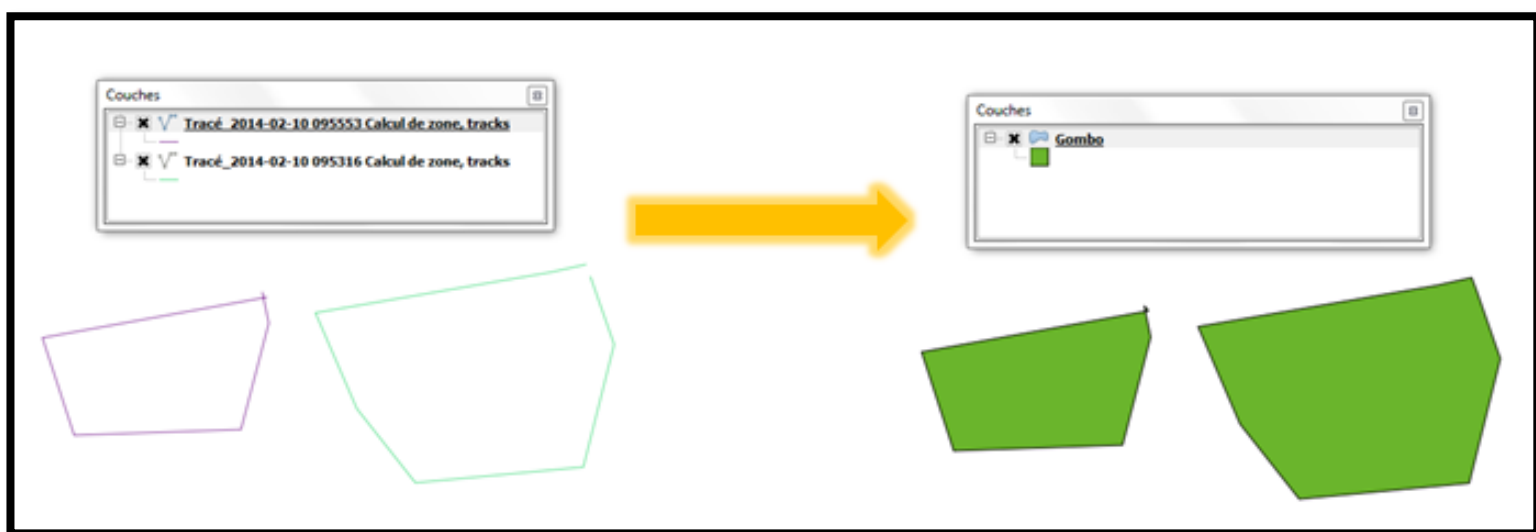


Fig. 5 : Schéma résumant la démarche d'acquisition des tracés de zone

Une couche-vecteur a été créée pour chaque culture. Si un champ était conduit en association de cultures, celui-ci a été placé dans chaque couche-vecteur des cultures présentes : par exemple, une parcelle où étaient associés igname et maïs a été placée dans la couche « igname » et dans la couche « maïs ». Ainsi, par requête spatiale, il a été possible de créer de nouvelles couches-vecteur de parcelles polycultivées illustrées par une représentation en hachures (Fig. 6).

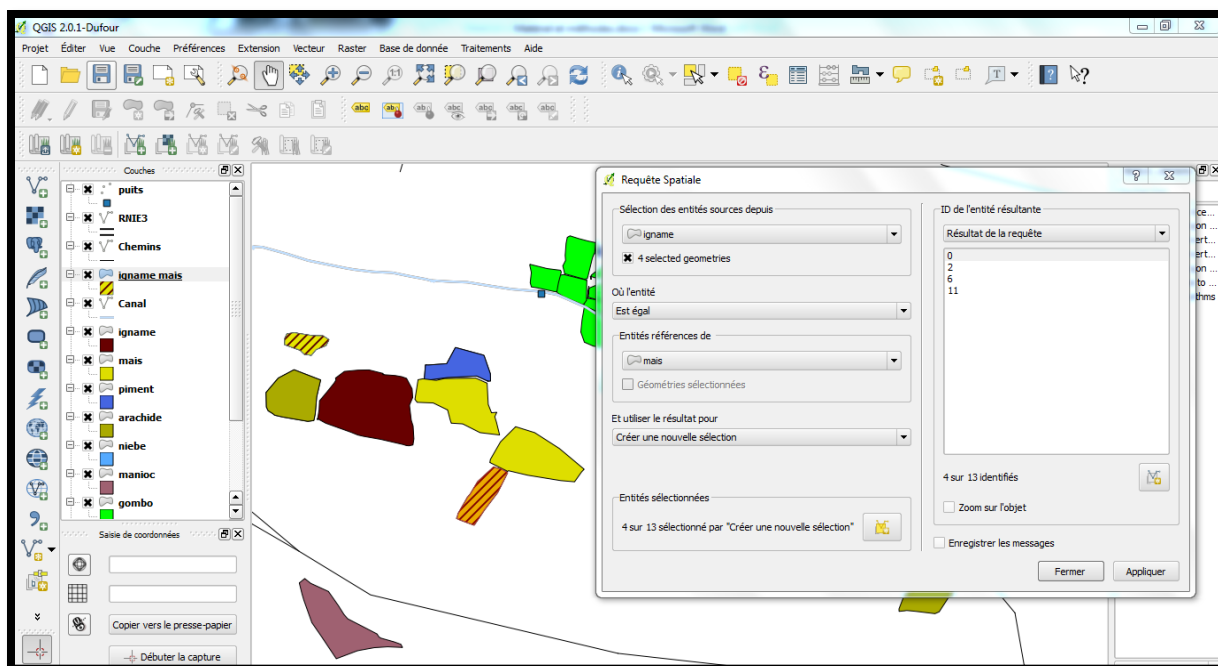


Fig. 6 : Requête spatiale pour les associations culturelles (ici, igname-maïs)

Les relevés GPS étaient pris dans le système géodésique WGS 84. Afin de pouvoir calculer des données de distance et de surface sur les parcelles, une projection à la volée type UTM. Le Bénin se trouve en zone UTM 31 Nord, c'est donc cette projection qui a été choisie sur QGIS.

Les méthodes d'observation des ravageurs et de leurs ennemis naturels ont pu varier selon les milieux explorés.

2.2.2. Méthodes d'observations adoptées selon les périodes

2.2.2.1. Février à juillet 2014 (tout au long du stage): observation visuelle

Lors de chaque visite de terrain sur le bas-fond, les insectes repérés dans les milieux d'intérêt étaient capturés (dans des boîtes, ou à l'aide d'un filet à papillons) puis placés dans des flacons d'alcool. Toutes les informations utiles et nécessaires (dates, localisation, plante-hôte et partie de plante, proies, etc.) ont été consignées dans un cahier.

Ces observations visuelles ponctuelles, de nature qualitative et pas forcément comparables entre les milieux représentent cependant une information souvent exploitable. Elles ont donc été prises en considération dans l'analyse des données.

2.2.2.2. Mars à mai 2014 (Observations des jachères)

2.2.2.2.1. Jachères sèches

2.2.2.2.1.1. Méthodes d'échantillonnage des tiges

Recherches bibliographiques effectuées avant la présence sur le terrain

Lors des deux semaines passées au Cirad (du 3 au 15 février 2014) un travail bibliographique a été effectué afin de relever les méthodes de récolte des foreurs de tige sur les plantes sauvages (appelées ici plantes-hôtes secondaires), et d'élire la plus appropriée à notre étude.

Overholt *et al.* (1994) puis Gounou et Schulthess (2004) ont étudié la répartition spatiale des lépidoptères foreurs de tige, respectivement sur le maïs et les plantes sauvages. En utilisant la loi de puissance de Taylor (1961) calculés sur leurs relevés de campagne de récolte de tige et observation des foreurs dans un modèle de Wilson et Room (1983), ils ont pu déterminer des coefficients permettant de calculer la proportion de plantes infestées, et pour des études futures, des plans d'échantillonnage énumératif ou de présence/absence.

À l'issue de ce travail bibliographique la méthode qui a donc été retenue dans un premier temps (**échantillonnage aléatoire**) était d'utiliser les plans d'échantillonnage proposés par Gounou et Schulthess (2004) (le Bénin faisait partie de leur zone d'étude), et en fonction des premiers foreurs rencontrés dans les tiges à Pélébina, d'établir un plan d'échantillonnage selon les modalités suggérées par leur publication (Fig. 7).

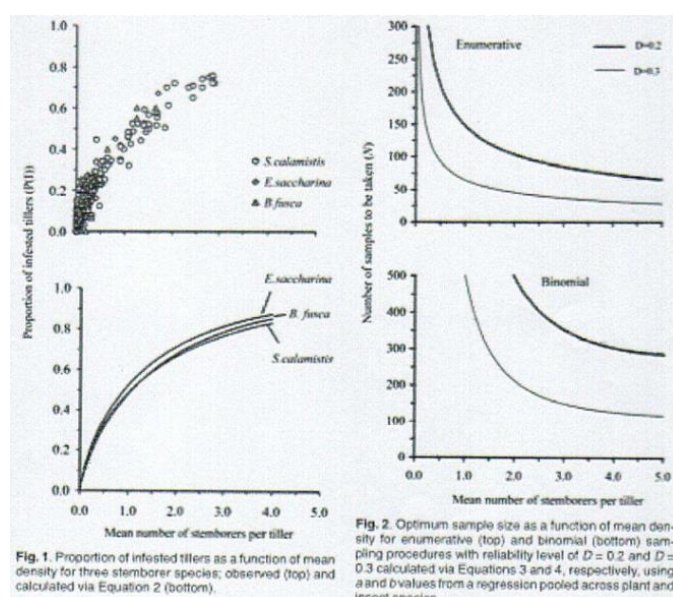


Fig. 7 : Gounou et Schulthess (2004) : calculs de proportion de tiges infestées et plans d'échantillonnage

Cependant, de nombreux rapports de terrain et d'articles signalaient également une faible abondance des foreurs en milieu non-cultivé (Nye, 1960 ; Schulthess *et al.*, 1997 ; Gounou et Schulthess, 2004). Dans un second temps, dans l'hypothèse où l'échantillonnage aléatoire prévu ne donnerait pas de résultat, et afin de pouvoir compiler un maximum de données intéressantes, voire originales, pour la description de la survie des foreurs en saison sèche, un **échantillonnage ciblé** des signes d'infestation ou des dégâts de foreurs a été prévu sur les Poacées situées en patchs isolés, sur les bords des chemins, dans des zones cultivées arborées ainsi que dans les jachères. Cet échantillonnage a ainsi été inspiré de la méthode réalisée par Le Ru *et al.* (2006a et 2006b).

Travaux conduits sur le terrain et limitations rencontrées

La méthode d'**échantillonnage aléatoire** nécessitait des étapes préalables :

- La possibilité de reconnaître facilement les espèces de Poacées qui nous intéressaient dans les milieux-cibles (jachères) ;
- Une cartographie de la zone d'étude déjà établie, qui nous permettrait de définir les zones cultivées et non cultivées, et donc d'établir des points d'échantillonnage sur ces dernières.

Ces étapes préalables n'ont pas pu être remplies sur le terrain, à cause des difficultés suivantes:

- Important effort de cartographie à faire (un agent pour une superficie de 160 ha)
- Absence de spécialistes sur place dans l'identification des herbes sauvages (cf. §2.2.1).

Au lieu d'utiliser les plans d'échantillonnage cités plus haut, et donc inutilisables, j'ai décidé de reprendre le protocole de base de relevé des tiges pratiqué par Gounou et Schulthess (1994), puis repris par Mailafiya *et al.* (2010) et Ong'Amo *et al.* (2010), afin de pouvoir accumuler des données locales sur les foreurs de tige dans les plantes sauvages.

La technique d'**échantillonnage aléatoire** retenue initialement a donc consisté, dans les jachères sèches, en une coupe de 50 à 100 tiges par espèce de plante et leur dissection au laboratoire (de brousse) pour y détecter la présence de chenilles foreuses. Cette coupe devait être répétée régulièrement.

Mais l'identification des espèces dans le milieu se révélant difficile, j'ai finalement choisi de récolter 50 tiges de plantes par milieu échantillonné, en focalisant la collecte uniquement sur la famille des Poacées, qui représentent la majeure partie des plantes hôtes secondaires des foreurs de tige.

Deux (2) récoltes de 50 tiges ont ainsi été réalisées les 22 et 30 avril 2014 sur les 12 jachères sèches identifiées et cartographiées sur le bas-fond de Kounga. Cela représente un total de 24 récoltes de 50 tiges, ou 100 tiges récoltées par jachère.

Les 50 tiges d'un relevé ont été prélevées de la manière suivante : 5 tiges sur 10 points choisis aléatoirement sur la jachère. Pour le choix des 10 points, la fonction « génération de points aléatoires sur chaque entité d'une couche » de QGIS a été employée. (Fig. 8).

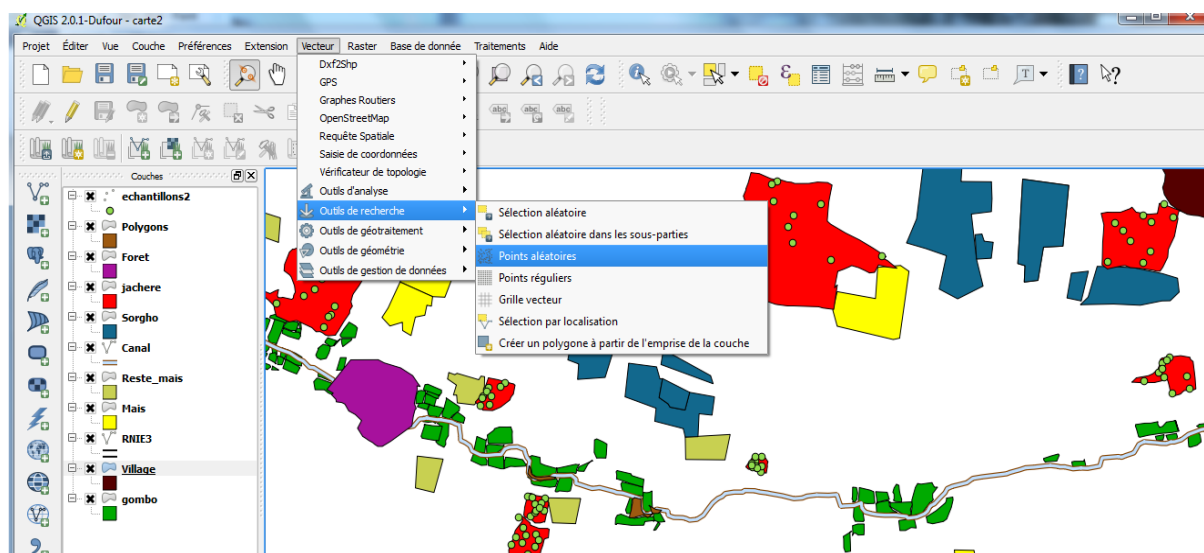


Fig. 8 : Fonction de génération de points aléatoires sur une couche vecteur

À chaque point de relevé, les 5 tiges ont été prélevées sur plusieurs taches de Poacées, d'espèces variées quand cela était possible, de manière à représenter la variabilité observée sur la jachère. Un ciblage sur les Poacées pouvant potentiellement représenter de l'intérêt (épaisseur de la tige, état de sécheresse, taille) a été effectué. Ces 50 tiges (d'espèces variées) ont ensuite été inspectées extérieurement puis ouvertes afin de comptabiliser les tiges présentant un signe de pontes d'insectes ou d'infestation (trous de foreurs, présence de chenilles dans les tiges, autres insectes, ...). Une tige présentant un de ces signes était marquée « infestée », et s'il y avait une chenille, elle était également marquée « occupée ». Lorsque des chenilles ont été trouvées, elles ont été mises en élevage dans des tiges placées dans des boîtes ouvertes et grillagées pour y atteindre le stade adulte, qui permet

l'identification de l'espèce, ou mesurer le parasitisme par les insectes attendus, Hyménoptères ou Diptères.

Des assistants de terrain ont été recrutés temporairement pour réaliser les collectes de tiges. Les noms vernaculaires (en langue *Yom*) employés par ces personnes du village pour désigner les plantes recueillies ont été notés. Ils se sont révélés très utiles par la suite (cf. §3.2). En effet, grâce à l'envoi d'échantillons de ces Poacées à l'Herbier National du Bénin, une identification jusqu'à l'espèce a pu être effectuée.



Fig. 9 : session d'ouverture des tiges au laboratoire

L'**échantillonnage ciblé** à la manière décrite par Le Ru (2006a et 2006b) décrit plus haut a également été pratiqué durant toute cette période, lors des visites sur le bas-fond: les Poacées qui présentaient ces signes étaient photographiées, et les chenilles mises en élevage au laboratoire. Souvent, il s'agissait de plantes sèches, sans partie florale, d'où une identification quasiment impossible avec aucun spécialiste sur place

2.2.2.1.2. Fauchage

Parallèlement aux collectes de tiges de Poacées, un filet fauchoir a été employé sur les 12 jachères de l'étude afin de pouvoir capturer l'entomofaune impliquée dans la régulation naturelle (insectes et araignées prédateurs et hyménoptères parasitoïdes).

Selon la taille et la diversité de la végétation sur une jachère, de un (1) à quatre (4) fauchages ont été opérés. Un fauchage a consisté à donner 20 coups de filet fauchoir en marchant à allure constante sur une ligne. Le même agent (Fig.10) a réalisé cette opération afin de ne pas trop varier la manière de faucher, et faciliter la comparaison des données. Le contenu du filet

a été transféré dans un flacon ou un seau en présence d'acétate d'éthyle, ramené au laboratoire et trié. Tous les échantillons ont été identifiés à Cotonou ou en France par des taxonomistes (voir §2.3).



Fig. 10 : Réalisation de 20 coups de filet-fauchoir sur un transect par un agent de terrain (D. Sama)

Les fauchages ont été effectués à heures fixes (début de matinée) afin de ne pas introduire de variabilité. Les périodes de grande chaleur ont été évitées afin d'augmenter les chances de captures car les insectes se protègent à l'ombre. Pour ces raisons toutes les jachères n'ont pu être fauchées durant une même période de fauchage (une période de fauchage correspond à un intervalle de 2 à 5 jours). Ainsi, deux (2) périodes principales de fauchage ont été réalisées : du 18 au 22 mars 2014, puis du 9 au 10 mai 2014.

2.2.2.2.2. Jachères humides

2.2.2.2.2.1. Méthode d'observation des Diopsides

Pendant la saison sèche, les Diopsides, reconnus comme insectes dont les larves sont foreuses des plants de riz, ont été décrites comme se regroupant, au stade adulte immature, dans des zones humides. (cf. §2.1, référence : Brenière, 1957). Le choix a donc été fait de focaliser les observations sur ce groupe.

Fauchage

Pour évaluer la variation du peuplement de Diopsides pendant la saison sèche, des fauchages ont été effectués sur trois (3) jachères humides situées près du canal d'écoulement central du bas-fond. Les fauchages ont été pratiqués tous les 10 jours du 3 mars au 13 mars, puis du 19 avril au 9 mai 2014 ; un dernier fauchage a été opéré le 5 juillet 2014.

La même technique que celle adoptée sur les jachères sèches a été employée (même agent, 20 coups de filet-fauchoir par passage et par jachère en marchant à allure constante sur un transect de la jachère). Le contenu du filet-fauchoir était ensuite transféré dans un bocal en plastique avec de l'acétate d'éthyle puis ramené au laboratoire. Un comptage du nombre de Diopsides a été effectué, toutes espèces confondues. Les mouches Diopsides ont été conservées dans l'alcool à 70° puis identifiées en Europe.

Recherche de pontes

La recherche des pontes a été entreprise sur les végétaux de jachère humide (principalement les Cypéracées), afin de vérifier une potentielle utilisation de plante hôte secondaire sur ces milieux. Les feuilles de la partie basale des plantes ont été examinées méticuleusement.

2.2.2.2.2. Autres arthropodes issus du fauchage

Les nombreux autres insectes ou araignées présents dans les fauchages ont été conservés en alcool, puis ramenés en France afin de pouvoir identifier les insectes parasitoïdes ou prédateurs.

2.2.2.3. Mai à Juillet 2014 (Observation du maïs)

En 2014, le maïs a été installé sur le bas-fond et sur le plateau à partir de début mai. C'est la première culture céréalière à être mise en place. Comme les infestations débutent dès les premiers stades de la plantule, un suivi des infestations a été effectué dès le stade 2-3 feuilles, puis à différents stades de la croissance jusqu'à mon départ du village. Les agriculteurs n'ayant pas tous le même calendrier cultural, les parcelles de maïs à un même moment sur le bas-fond peuvent se retrouver à des stades de croissance très variables sur le bas-fond, depuis l'émergence de la plantule, jusqu'à la sortie des panicules. Cette variabilité a été prise en compte dans les résultats.

Sur les conseils du Dr Cyrille Adda (AfricaRice), le comptage des infestations a été fait selon un schéma similaire à celui de R. Drieu en 2013. La technique consiste à cibler dans une parcelle de maïs une zone de 0,5 ha (rectangle de 50m*100m), et de se déplacer sur les diagonales de ce rectangle en comptant 25 pieds par diagonale, pour un total de 50 pieds échantillonnés par parcelle. Si la parcelle est inférieure à 0,5 ha (cas de la majorité des parcelles de Kounga), la parcelle est traversée dans les diagonales (autant que possible), et 50 pieds sont échantillonnés au hasard (Fig. 8a).

Pour chaque pied est noté si l'épi, la tige ou les deux en même temps sont infestés (Fig. 11b). Si des chenilles sont retrouvées dans les parties mortes de la plante (aucun pied n'est prélevé, mais les parties mortes sont ouvertes pour observer des foreurs de tige), elles sont amenés au laboratoire et placés dans des morceaux de tige de maïs pour les élever jusqu'au stade adulte (ou jusqu'à l'émergence d'un parasitoïde).

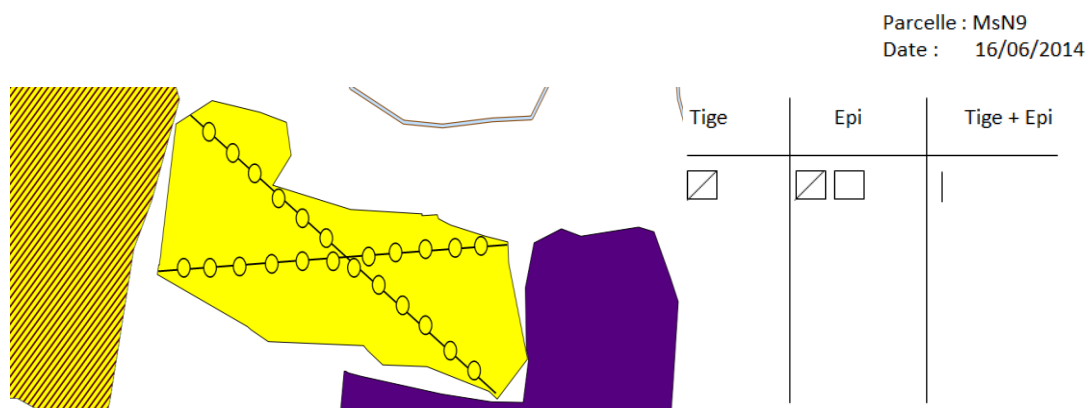


Fig. 11 : Comptage d'infestations pour une parcelle inférieure à 0,5 ha (11a : plan de relevé des infestations, 11b : tableau de terrain)

2.3. Identification des insectes

Afin d'identifier, sur place, les principaux insectes, différents manuels ou articles ont été employés. Ils m'ont permis d'accroître significativement mes connaissances entomologiques. Les méthodes de collecte (le fauchage peut être destructeur pour les micro-insectes) et de conservation, la réussite des mises en observation des stades larvaires ou nymphaux (élevage) conditionnent la bonne qualité des échantillons.

Sur place, les insectes récupérés après observation ou certains résultats de fauchage et pouvant représenter un intérêt, ont été adressés à Georg Gorgen (IITA) à Cotonou, pour une identification rapide et la plus précise possible. Le tri le plus important a été réalisé après le retour à Montpellier, au Laboratoire de faunistique du Cirad, au campus de Baillarguet, afin de répartir les insectes dans différentes classes, et les adresser aux taxonomistes suivants :

- Lépidoptères : l'identification des Lépidoptères a été faite à Montpellier. Elle se pratique généralement grâce à l'étude des genitalia (parties génitales) mâles, ce qui pose problème si une femelle a été capturée ;
- Coléoptères (Henri-Pierre Aberlenc, Cirad- CBGP) ;
- Hyménoptères (Gérard Delvare, Cirad-CBGP) ;

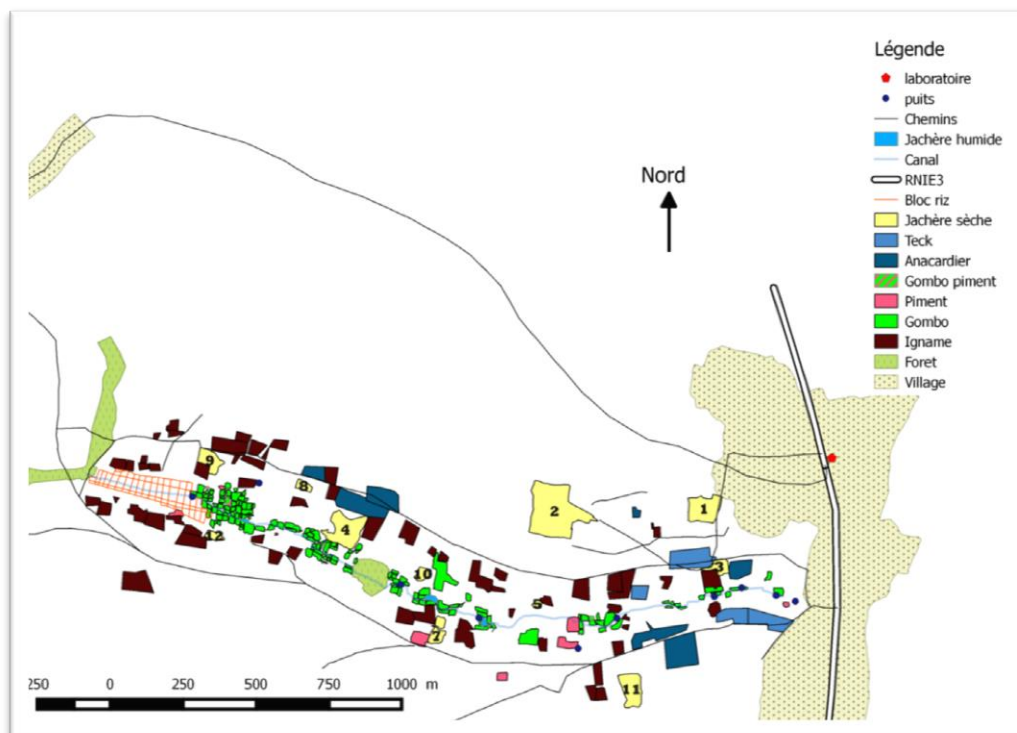
- Diopsides (Hans Feijen, Pays-Bas) ;
- Laboulbéniales ectoparasites de Diopsides (Walter Rossi, Italie) ;
- Thysanoptères (Bruno Michel, Cirad-CBGP) ;
- Hyménoptères Mutillidae (Antoine Foucard, Cirad-CBGP) ;
- Hemiptera Heteroptera (Jean-Claude Streito, CBGP).

Certaines entités taxonomiques reconnues d'importance économique n'ont malheureusement pas pu être étudiées (Cicadellidae, Orthoptera). Les identifications se poursuivront après ce stage.

3. Résultats

3.1. Composition paysagère du bas-fond de mars à juillet 2014

La Carte 1 montre l'état d'exploitation du bas-fond de Kounga à la fin du mois d'avril 2014.

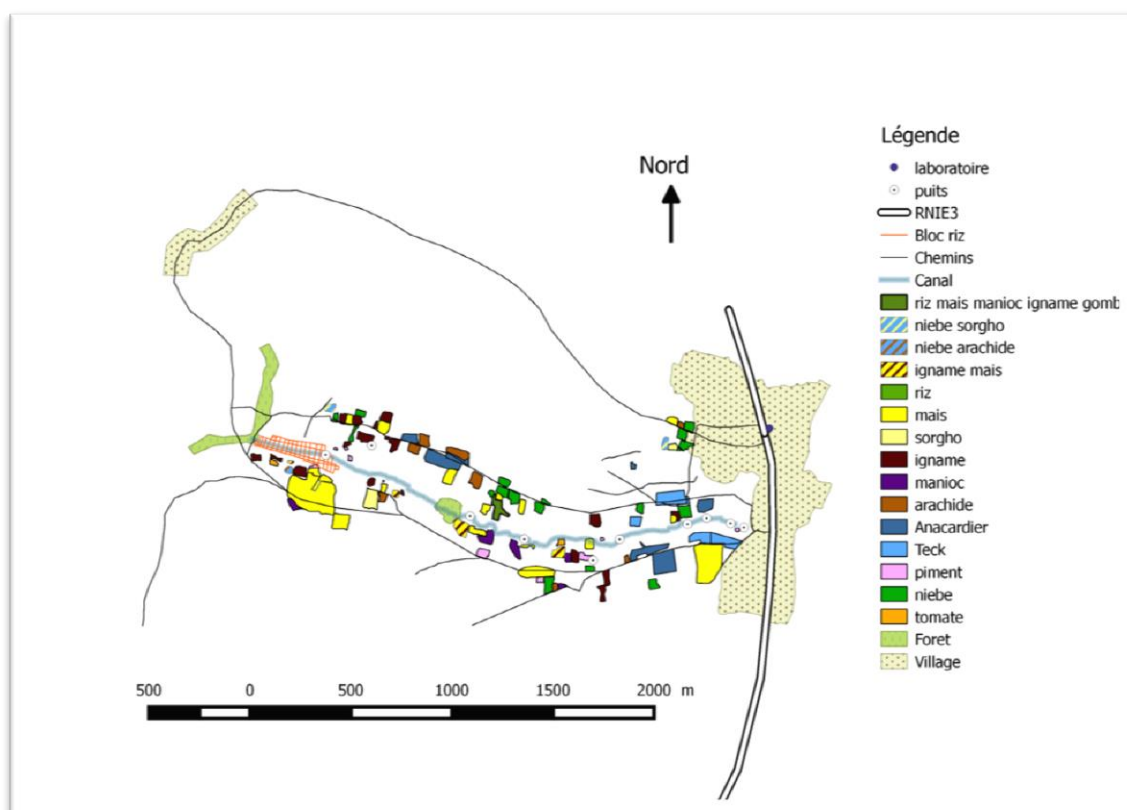


Carte 1 : État des cultures et des jachères en avril 2014 (les numéros attribués à certaines parcelles correspondent à l'emplacement des jachères sèches).

On observe une nette diminution de la surface cultivée par rapport au mois de novembre (de 74 à 24 ha) suite à la disparition des cultures de saison humide montrée (Annexe 4) et la mise en place des cultures maraîchères.

Les parcelles de gombo (*Abelmoschus esculentus*, Malvaceae) et de piment, installés près du canal central et sur le début des versants, couvrent le centre du bas-fond d'est en ouest jusqu'au bloc de riz mis en jachère pendant la saison sèche. Outre ces cultures, sont également présentes les parcelles de teck (*Tectona grandis*) et d'anacardier (*Anacardium...*), éléments géographiques pérennes, ainsi que les champs d'igname dont le buttage s'est déroulé au moment du départ de Robin, de septembre à décembre 2013 (Annexe 3). Le buttage correspond à la construction des buttes, préalable au semis, nécessaires à la croissance des tubercules d'igname. Les pieds de cotonniers ne sont pas arrachés dans les champs, et certains restes culturaux de maïs et de sorgho sont également laissés au champ. Sont également présentes sur cette carte les jachères sèches et jachères humides observées dans notre étude (voir §2.2.1).

La Carte 2, établie début juillet 2014, coïncide avec la fin de la récolte du gombo et du piment, certaines parcelles semées tardivement restant encore à récolter.



Carte 2 : État des cultures et des jachères en juillet 2014

Le gombo est également laissé sur pied, le champ laissé en jachère. Concernant l'igname : de nouvelles parcelles sont installées ; les buttes des gros tubercules d'ignames restent sur les versants et le plateau, celles des petits tubercules, déjà récoltés, sont cassées pour installer les cultures de maïs de la prochaine saison humide (2014). D'autres champs de maïs sont installés sur des sites laissés en jachère, ou parfois au même emplacement que l'année précédente. Le teck et l'anacardier sont toujours présents. Des parcelles de tomates sont installées à partir d'avril sur le bas-fond. Les jachères étudiées commencent à changer de visage : les Poacées mortes de la saison sèche sont remplacées par des jeunes pousses vertes, le canal s'alimente en eau et les jachères humides sont moins accessibles.

3.2. Foreurs de tige rencontrés en saison sèche à différents stades de développement (larves et adultes)

Malheureusement, les phéromones commandées ont été perdus par le transitaire DHL, en France. Il n'a donc pas été possible d'effectuer les relevés d'abondances des adultes de Noctuidae qui étaient prévus initialement dans l'étude.

Une seule ponte pouvant s'apparenter à celle d'un Lépidoptère a été retrouvée à l'aisselle d'une feuille de *Pennisetum polystachion*, mais il n'y a pas eu d'éclosion de ces œufs.

Les observations ci-après rapportées ne concernent donc que les seules chenilles (larves) ou chrysalides (nymphes).

3.2.1. Jachères sèches : plantes-hôtes infestées et tiges occupées

Sur un total de 1200 tiges de Poacées récoltées sur les jachères sèches, en deux fois, 51 chenilles (dont 50 d'un même morphotype) et une (1) chrysalide ont été trouvées, parmi lesquelles 5 chenilles ont été retrouvées mortes, parfois desséchées. Ces insectes sont souvent de couleur blanche (Fig. 12) et très difficile à identifier à l'état vivant par un non-spécialiste. Les conditions d'élevage difficiles rencontrées à Pélébina n'ont malheureusement pas permis d'obtenir le stade adulte essentiel pour l'identification à partir de l'observation des pièces génitales ou *genitalia*. Une analyse par espèce de foreur de tige n'a donc pas été possible.

Toutes les chenilles trouvées étaient en diapause dans les tiges (aucune évolution pendant toute la période d'élevage des chenilles, et jusqu'à la rédaction de ce rapport). Comme l'identification comme foreur de tige des céréales n'a pas encore été faite, il est possible que ce peuplement ne présente pas d'intérêt, et que les foreurs de tige soient absents du bas-fond pendant la saison sèche.



Fig. 12 : chenille foreuse retrouvée dans une tige de Poacée sauvage

C'est la variable « tiges occupées par des chenilles » qui a été analysée (voir §2.3.1.2.1.1).

Des tests de X^2 ont donc été effectués sur la proportion de tiges infestées ainsi que sur celles occupées par des chenilles afin de comparer les résultats des 2 collectes effectuées. Il apparaît que ces proportions varient significativement entre les 2 récoltes ($p\text{-value}=3,95*10^{-4}$ pour le caractère « infesté » des tiges, $6,47*10^{-6}$ pour le caractère « occupé »), ce qui s'explique par le fait que 85% des chenilles ont été récupérées lors de la seconde collecte de tiges de Poacées. .

Les analyses suivantes sont donc uniquement basées sur la seconde collecte. Les données relatives à cette deuxième collecte sont résumées dans le tableau 1.

La première colonne représente le numéro de la jachère (voir Carte 1). Les trois colonnes dont le nom débute par « r_ » représentent les « recouvrements » des différentes strates, évalués grâce à une échelle de notation pour le recouvrement des mauvaises herbes (Pascal Marnotte, Cirad, 2001). La colonne « localisation » représente une des variables d'interprétation des résultats à savoir si la jachère se trouve sur le plateau, sur le versant, ou bien dans le bas-fond *sensu stricto*. La surface des jachères a été calculée via QGis. La colonne « lepidopt » renseigne sur le nombre de stades juvéniles de lépidoptères (chenilles, chrysalides) retrouvés lors de l'ouverture des tiges. Les colonnes suivantes répertorient le nombre de tiges de Poacées (ou seulement d'*Andropogon schirens*) infestées (c'est-à-dire présentant un signe de forage ou occupée par un insecte quelconque), saines (par opposition) et occupées (seulement par des stades juvéniles de lépidoptères cette-fois-ci).

jachere	r_ligneux	r_jeunes_pousses	r_herbacees	localisation	surface	lepido	tiges_infesteess	As_infesteess	tiges_saines	tiges_occupees	As_occupees	tiges_non_occupees
1	0.15	0.3	0.5	plateau	0.71849	1	15	3	35	1	1	49
2	0.15	0.5	0.3	plateau	2.2293	5	10	10	40	4	4	46
3	0.07	0.15	0.7	versant	0.23453	9	23	22	27	7	6	43
4	0.15	0.15	0.5	versant	0.91774	8	19	19	31	6	6	44
5	0	0.01	0.93	bas-fond	0.04886	2	17	17	33	2	2	48
6	0.01	0.07	0.85	bas-fond	0.09913	3	18	18	32	3	3	47
7	0.5	0.2	0.15	versant	0.19041	1	6	3	44	1	1	49
8	0	0	0	1 versant	0.11964	0	9	0	41	0	0	50
9	0	0.07	0.93	versant	0.37039	8	15	10	35	8	5	42
10	0	0	0	1 bas-fond	0.14593	7	9	9	41	6	6	44
11	0.2	0.6	0.2	plateau	0.57989	0	4	4	46	0	0	50
12	0	0.15	0.85	versant	0.12508	0	6	0	44	0	0	50

Tableau 1 : Variables définies et abondances observées (tiges de Poacées sauvages ‘occupées’) lors de la seconde collecte (As = *Andropogon schirensis*)

Nous avons essayé de voir l’influence de plusieurs facteurs environnementaux sur le caractère « occupé » des tiges sur les jachères à l’aide des tests de X^2 . Pour cela, les jachères ont été regroupées par localisation (bas-fond, plateau ou versant). La variable localisation « variable » ne semble pas avoir d’influence sur le caractère « occupé » des tiges ($p\text{-value}=0,4$).

Les caractéristiques de recouvrement des différentes strates ainsi que les variables « localisation » et « surface » ont ensuite été traitées ensemble dans une Analyse en Composantes Principales (logiciel R).

La figure 13 montre le cercle des corrélations obtenu.

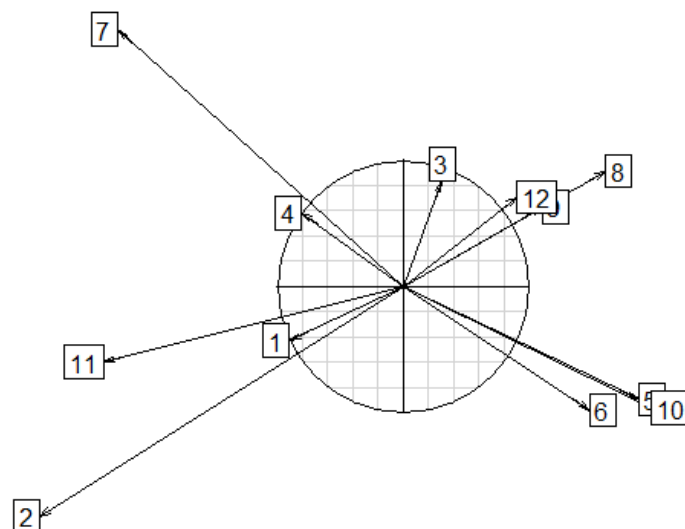


Fig. 13. Cercle des corrélations de l'Analyse en Composantes Principales (les numéros sont ceux des jachères)

L'analyse de la position des jachères sur le cercle des corrélations montre que les deux premiers axes expliquent 80 % de la variation totale. Il est possible de rapprocher certaines jachères entre elles : en effet, les jachères n°5, 6 et 10 correspondent à des jachères du bas-fond avec une strate herbacée majoritaire. Les jachères n°1, 2 et 11, localisées sur le plateau, sont quant à elles plus diversifiées, avec beaucoup de jeunes pousses et la présence d'une strate arborée. On observe sur les jachères n°4 et 7 beaucoup de ligneux, en particulier pour la jachère 7, qui correspond à une zone de savane arbustive. Enfin, les jachères n°8, 9 et 12 (et la jachère 3 dans une moindre mesure) sont elles aussi des jachères herbacées, de petite superficie, et localisées sur les versants du bas-fond de Kounga.

Les résultats d'occupation ont donc été réunis en 4 groupes, puis analysés avec un test de χ^2 . Il en ressort qu'il n'y a pas de différence significative entre les groupes décrits ci-dessus pour le caractère « occupé » des tiges. Cela s'explique par le fait qu'ont été groupées ensemble des jachères avec des données d'infestation aux extrêmes de ce qui a été trouvé (exemple : jachère 9 avec 8 chenilles trouvées dans les tiges, et jachère 8 avec 0 chenilles). Des critères spécifiques à l'espèce de Poacée hôte semblent donc être plus indiquées afin d'expliquer la répartition des chenilles dans les jachères.

Les tiges infestées appartiennent à 4 espèces de Poacées différentes : *Andropogon gayanus* (Andropogoneae), *Andropogon schirensis* (Andropogoneae), *Eragrostis tremula* (Eragrostineae), *Hyparrhenia* sp. (Andropogoneae) et *Pennisetum polystachion* (Paniceae ??). L'espèce *Andropogon schirensis* (fra en langue Yom) semble ressortir comme l'hôte principal pour les foreurs de tige sur ce bas-fond, puisque, sur l'ensemble des 2 récoltes :

- aucune espèce *A. schirensis* n'était présente sur les jachères n°8 et n°12, et aucune chenille n'a été trouvée sur les tiges des autres espèces récoltées.

Le tableau 2 présente les résultats bruts notés lors de la récolte de tiges de Poacées. Y figurent le numéro de la jachère, le numéro de la récolte (1° ou 2°), le nom Yom de l'espèce de Poacée récoltée, puis pour chaque plante, le nombre d'entre-nœuds qui présentaient des trous de forage, et le nombre de trous sur chaque entre-nœud. Les deux dernières colonnes indiquent pour chaque entre-nœud, si un insecte a été récolté et à quel endroit de la plante (intérieur de la tige, gaine foliaire, ...)

jachere	n_recolte	espece	nb_EN_fore	nb_trous_EN	observation	localisation_observation
8	1	jamor	1	1	petit_insecte_rouge	feuille
8	1	jamor	1	1		
8	1	jamor	1	1		
8	1	jamor	1	1		
8	1	jamor	1	1		
8	1	jamor	1	1		
8	1	jamor	1	1		
8	2	jamor	2	3		
				2		
8	2	jamor	1	7		
8	2	jamor	3	2		
				3		
				1		
8	2	jamor	1	5		
8	2	jamor	2	3		
				2		
8	2	jamor	3	1		
				1		
				5		
8	2	jamor	2	1		
				1		
8	2	jamor	1	1		
8	2	jamor	3	2		
				2		
				1		

Tableau 2 : tableau de récolte sur la jachère n°12. La bande violette sépare les résultats des 2 récoltes

- Sur 46 tiges occupées par des chenilles, 40 (89%) ont été identifiées comme appartenant à *fra*, l'espèce *A. schirensis*.
- Entre la première et la seconde récolte, *A. schirensis* représentait respectivement 33% et 76% des tiges présentant des signes d'infestation ; et respectivement 8 chenilles (15% du total de toutes les chenilles) et 44 chenilles (85% du total) ont été récupérées.

Les tiges non infestées n'ont pas été comptabilisées, on ne peut donc réaliser les tests statistiques ci-dessus avec la donnée « *Andropogon schirensis* occupée » vs « *A. schirensis* non occupée ». On ne peut pas non plus estimer la proportion de chaque espèce dans le total des tiges récoltées, ce qui aurait été intéressant pour vérifier si ces observations ne sont pas influencées par un échantillonnage « ciblé » sur cette *Andropogonée*.

3.2.2. Jachères humides

Les principales espèces identifiées ont été des adultes de Diptères de la famille des Diopsidae, capturés grâce au filet fauchoir. Les espèces dominantes capturées sur le riz à l'époque de R.

Drieu, étaient *Diopsis longicornis* et *Diopsis apicalis*. La seconde est notamment connue pour son impact sur le riz au Nigéria (Alghali, 1983). Elles furent retrouvées dans les jachères restant humides, durant la saison sèche.

Mais d'autres espèces ont été identifiées après la fin du stage grâce à l'appui du taxonomiste Hans Feijen. Il s'agit de :

Diopsis atricapilla, *Diopsis circularis*, *Diopsis ichneumonae*, *Diopsis lindneri*, *Diopsis servillei*.

Ces espèces sont quasiment impossible à distinguer à l'œil nu sur le terrain.

L'évolution temporelle des Diopsidae (Fig. 14), a donc été représentée avec les nombres totaux toutes espèces confondues, et les cumuls des fauchages pour chacune des trois jachères humides.

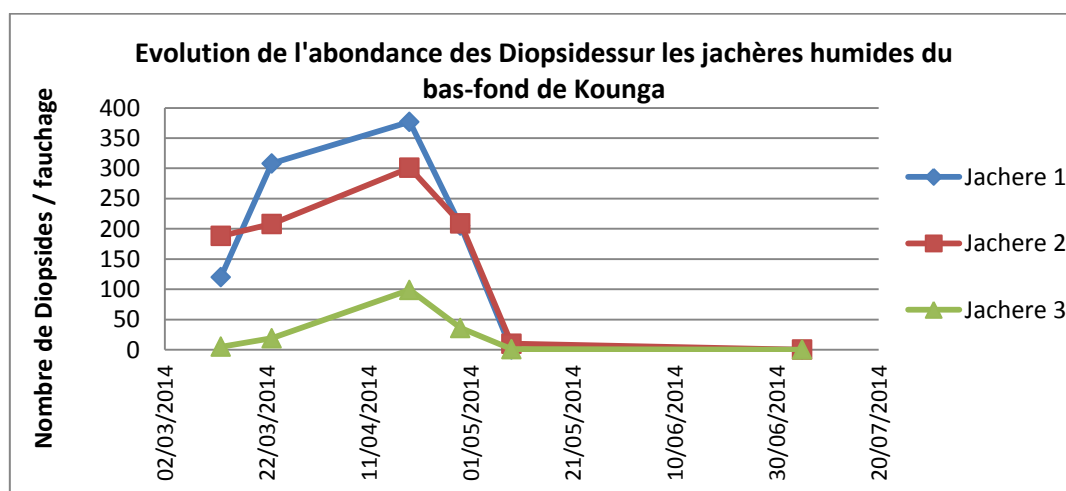


Fig. 14 : Evolution du nombre de Diopsidae adultes capturés par fauchages dans les jachères humides

Le 2 mars, seule la jachère n°1 a été fauchée car la découverte des autres jachères n'avait pas encore été faite. L'analyse conjointe des 3 milieux, les données ont été analysées à partir du 13 mars 2014.

Du 13 mars au 19 avril 2014, le nombre de Diopsidae a augmenté de manière linéaire dans les trois jachères, en atteignant un maximum le 19 avril, avec 377 individus dénombrés pour 20 coups de filet-fauchoir dans la jachère humide n°1 (Annexe 5). Puis du 19 avril au 9 mai, leur

nombre a diminué de manière linéaire (Annexe 5) ; aucune capture d'adultes de Diopsides n'a été obtenue par fauchage à partir du 9 mai 2014.

3.3. La régulation naturelle dans le bas-fond de Kounga

Ce paragraphe détaille les résultats obtenus dans le domaine de la régulation naturelle observée de Juillet 2013 (collectes de Robin Drieu) à Juillet 2014. Des Arthropodes prédateurs et parasitoïdes ont été identifiés et relativement peu de microorganismes entomopathogènes, notamment des champignons, alors que la rizière est un milieu humide.

Des champignons ectoparasites d'adultes de Diopsides, du groupe des Laboulbéniales (malheureusement sans rôle notable reconnu de régulation naturelle) ont cependant été observés en abondance durant la saison sèche. Un paragraphe est consacré à cette curiosité rencontrée à Pélébina.

3.3.1. Insectes parasitoïdes

Il est généralement possible d'obtenir ce type d'insectes par mise en observation de chenilles ou chrysalides, ou par fauchage.

Parasitoïdes issus des élevages de divers insectes

Peu d'insectes ont été obtenus par suite de mauvaises conditions d'élevage, mais également à la suite du stade de diapause probablement effectuée par certaines chenilles.

Les larves d'insectes de divers ordres (Lépidoptères, Hyménoptères, Diptères, Coléoptères) mises en élevage ont permis d'obtenir l'émergence de quelques parasitoïdes, principalement des Hyménoptères, dont *Xanthopimpla* spp. (Ichneumonidae) ou *Tetrastichus* sp. (Eulophidae), sortis de cocons de lépidoptères trouvés sur une feuille de maïs. *Pediobius* sp. (Eulophidae) a été hébergé par la larve de coccinelle *Cheilomenes sulphurea*.

Une espèce de Diptère est également sortie d'une chenille d'Arctiidae trouvée sur une feuille de maïs.

Parasitoïdes collectés par fauchage ou observation visuelle

La Fig. 15 montre l'ensemble des genres d'Hyménoptères identifiés de mars à début juillet 2014.

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	sp/milieu
jachère	NULL	NULL	Eurytoma sp (1)		Apanteles sp (1)	Telenomus sp (1) Neotrichoporoides sp (1)	Aprostocetus sp (3) Neotrichoporoides sp (1) Bracon sp (1) Aprostocetus sp (1) Rhaconotus sp (1) Dolichogenidea sp (1)	Glyptomorpha sp // <i>//</i> Euvipio sp (2) Iphiaulax sp // <i>//</i>			Bassus sp // <i>//</i>	NULL	12
maïs sorgho	NULL	NULL			Iphiaulax sp // <i>//</i>						Glyptomorpha sp // <i>//</i> Iphiaulax sp (2) <i>//</i>	NULL	2
riz	NULL	NULL					Brachymeria sp (1) Iphiaulax sp (1) Neotrichoporoides sp (1) Eurytoma sp (2) Syzeuctus sp (1)	Bracon sp // <i>//</i> Chelonus curvumaculatus (1) Neotrichoporoides sp (2)				NULL	6
coton	NULL	NULL						Euvipio sp // <i>//</i> Iphiaulax sp // <i>//</i>				NULL	2
niébé	NULL	NULL					Euvipio sp // <i>//</i>					NULL	1
gombo	NULL	NULL			Pristomerus sp // <i>//</i>							NULL	1
sp/mois	NULL	NULL	1	0		3	2	9	7	1	0	3	NULL

Fig. 15 : Genres d'Hyménoptères parasitoïdes récoltés à Kounga. Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre d'individus récoltés par fauchage ; les chiffres en italiques correspondent aux captures manuelles.

Un total de 12 genres d'Hyménoptères parasitoïdes, ayant potentiellement pour hôte des foreurs de tige des céréales, ont été récoltés dans le bas-fond de Kounga. Pour confirmer leur statut de parasitoïde lié à des espèces de foreurs de tige, il faudrait les déterminer au niveau spécifique, ce qui n'a pas encore été possible.

Ces 12 parasites appartiennent à 9 genres différents. Quatre (4) de ces genres font partie de la superfamille des Ichneumonoidea, qui contient plus de la moitié des hyménoptères parasites des foreurs de tige en Afrique (Polaszek, 1998), réparties dans les familles des Braconidae et Ichneumonidae. Cinq (5) autres genres appartiennent à la superfamille des Chalcidoidea, et les familles des Chalcididae, Eulophidae et Eurytomidae. Le dernier genre fait partie des Platygastriidae. La plupart de ces genres contiennent des espèces déjà reconnues comme parasites des foreurs de tige des céréales qui nous intéressent. (Tableau 3).

Famille	Genre	Espèce	hôte(s)
Braconidae	<i>Chelonus</i>	<i>curvimaculatus</i>	<i>Busseola fusca</i> , <i>Sesamia calamistis</i> (Bonhof et al., 1997)
			<i>Busseola fusca</i> (Ebenebe et al., 2001)
Braconidae	<i>Euvipio</i>	<i>sp.</i>	<i>Coniesta ignefusalis</i> (Youn & Gilstrap, 1993)
Braconidae	<i>Glyptomorpha</i>	<i>sp.</i>	<i>Coniesta ignefusalis</i> (Nwanze & Harris, 1992)
Braconidae	<i>Iphiaulax</i>	<i>sp.</i>	<i>Eldana saccharina</i> (Conlong, 2001)
Braconidae	<i>Rhamnura</i>	<i>sp.</i>	
			<i>Sesamia calamistis</i> (Girling, 1980)
Braconidae	<i>Apanteles</i>	<i>sp.</i>	<i>Mussidia nigrivella</i> (Sétamou, 1999)
			<i>Eldana saccharina</i> (Girling, 1980)
Braconidae	<i>Bracon</i>	<i>sp.</i>	<i>Coniesta ignefusalis</i> (Youn & Gilstrap, 1993)
Braconidae	<i>Dolichogenidea</i>	<i>sp.</i>	<i>Busseola sp.</i> (Matama-Kauma et al., 2008)
Braconidae	<i>Rhaconotus</i>	<i>sp.</i>	
Chalcididae	<i>Brachymeria</i>	<i>sp.</i>	<i>Eldana saccharina</i> (Conlong, 2001)
Eulophidae	<i>Aprostocetus</i>	<i>sp.</i>	<i>Diopsis spp.</i> (Agyen-Sampong, 1977)
Eulophidae	<i>Neotrichoporoides</i>	<i>sp.</i>	Diopsidae (Boucek, 1988; LaSalle, 1994)
Eulophidae	<i>Tetrastichus</i>	<i>sp.</i>	<i>Sesamia calamistis</i> (Zhou et al., 2003)
Eurytomidae	<i>Eurytoma</i>	<i>sp.</i>	<i>Eldana saccharina</i> (Bonhof et al., 1997)
			<i>Coniesta ignefusalis</i> (Ndoye & Gahukar, 1987)
			<i>Eldana saccharina</i> (Conlong, 2000)
Ichneumonidae	<i>Syzeuctus</i>	<i>sp.</i>	<i>Sesamia calamistis</i> (Zhou et al., 2003)
Ichneumonidae	<i>Pristomerus</i>	<i>sp.</i>	<i>Sesamia calamistis</i> (Zhou et al., 2003)
			<i>Maliarpha separatella</i> (Akinsola & Agyen-Sampong, 1984)
Platygastridae	<i>Telenomus</i>	<i>sp.</i>	<i>Mussidia nigrivella</i> (Sétamou, 1999)

Tableau 3 : Genres de parasitoïdes identifiés dans le bas-fond Kounga, Pélébina et espèces de foreurs de tige, hôtes potentiels, cités dans la littérature

En couplant les données enregistrées sur les hyménoptères récoltés grâce aux fauchages et aux collectes manuelles réalisées par Robin Drieu et moi-même, il a été possible d'établir un calendrier des hyménoptères parasites des foreurs de tige sur le bas-fond de Kounga (Fig. 16).

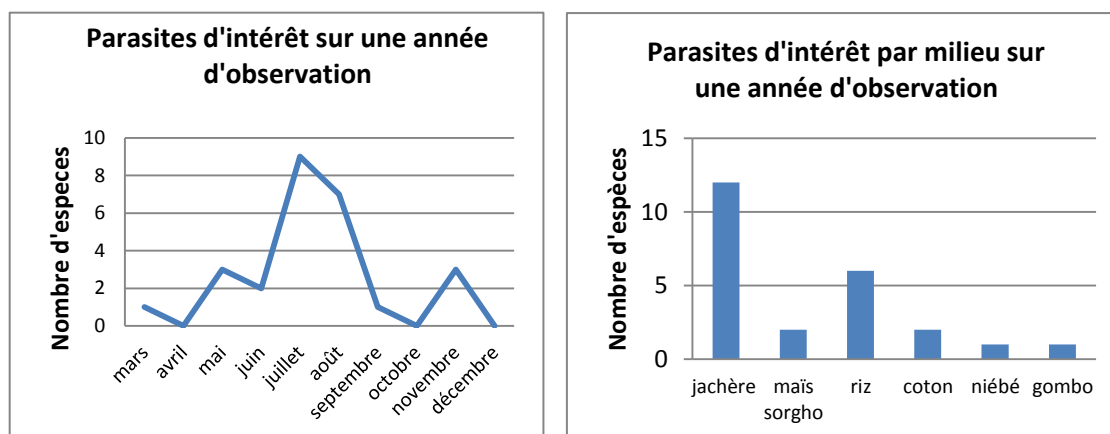


Fig. 16 : graphiques représentant le nombre d'espèces de parasitoïdes de foreurs de tige en fonction du mois de l'année (16a) et du milieu étudié (16b)

Il n'y a pas eu de différenciation entre jachère sèche et jachère humide, et il n'y a pas eu de présence sur le terrain de décembre 2013 à février 2014.

La Fig. 15 montre les moments de l'année et les milieux où le plus d'espèces appartenant à des genres parasitoïdes ont été capturés.

Des espèces d'insectes parasitoïdes sont présentes tout le long de l'année dans le bas-fond.

Hyperparasitoides

Les insectes hyperparasites sont des parasitoïdes ayant pour hôte des insectes parasitoïdes. Au mois d'août 2013, deux hyménoptères du genre *Ceraphron* ont été capturées sur un champ de riz ; or ce genre possède une espèce décrite comme parasitoïde de *Syzeuctus* sp. au Nigéria (Harris, 1962). C'est également le cas d'*Eurytoma* sp. envers *Iphiaulax* sp., cas décrit plus haut.

Le rôle de ces hyperparasites est assez difficile à mesurer, ce niveau trophique venant s'ajouter aux parasitoïdes primaires dont ils freinent l'action (Dib, 2010). De plus, certains d'entre eux sont à la fois parasitoïde primaires de foreurs de tiges mais aussi hyperparasitoïdes, comme dans le cas du genre *Eurytoma*.

3.3.2. Arthropodes prédateurs

Les insectes prédateurs étaient la cible des fauchages effectués dans les différentes jachères ; cependant, la récolte des tiges nous a également permis d'en capturer. De nombreux ordres et familles de prédateurs ont pu être mis en valeur, mais avec une constante faible abondance.

Reduviidae : les Reduviidae (Hemiptera), appelées « assassin bugs » en anglais, sont des punaises spécialisées dans la prédation. Peu d'informations sont disponibles sur leur régime alimentaire, mais certaines d'entre elles sont potentiellement efficaces pour la régulation des pontes ou des larves de foreurs de tige. C'est le cas de *Coranus* sp., *Rhynocoris albopilosus*, *R. segmentaris* ou encore *Nagusta* sp. (Heinrich et Barrion, 2004 ; Poutouli *et al.*, 2011). Ces deux dernières ont été rencontrées dans les parcelles de gombo, respectivement en mars et en mai 2014 (1 individu de chaque). Ce qui peut signifier que ces Reduviidae possèdent un autre régime alimentaire plus adéquat en zone cultivée. Une punaise de cette même famille, *Haematochara obscuripennis*, a également été récoltée sur une feuille de maïs.

Odonates : au centre du bas-fond, sur les puisards qui servent à puiser de l'eau pour irriguer les parcelles maraîchères, ainsi que dans les jachères, de nombreuses libellules ont été observées, en particulier aux endroits où les Diopsides abondaient (Fig. 17).

Les régimes alimentaires de ces arthropodes ne sont de même pas très connus, elles attrapent au vol les petits insectes qui s'envolent lorsque le milieu est perturbé, et les Diopsides correspondent bien à cette situation. Une étude de cette prédation serait intéressante à envisager (analyse moléculaire du contenu des intestins, stands d'observation...).



Fig. 17 : Exemples d'Odonates observées dans les milieux humides du bas-fond de Kounga (photo à gauche : *Trithemis arterosia* (Odonate:Libellulidae))

Dermaptera : des **forficules** connus comme insectes prédateurs, se trouvaient régulièrement dans les gaines des feuilles et à l'intérieur des tiges de Poacées sauvages.

Des forficules ont été identifiés comme *Diaperasticus erythrocephalus*. Cette espèce est considérée comme un ravageur mineur du riz (Heinrich et Barrion, 2004), mais a également été signalée comme prédatrice de *Busseola fusca* en Ethiopie (Gebre-Amlak 1985). Des échantillons ont été conservés et sont en attente d'identification.

Arachnides : des **araignées** ont également été trouvées dans les gaines des feuilles de Poacées, où elles établissent des cocons renfermant leurs oeufs.

La plupart de ces araignées étaient morphologiquement très semblables au genre *Tellobius* (Fig. 18), décrit comme prédateur d'œufs de *Busseola fusca* (Getu *et al.*, 2001).



Fig. 18 : observation d'une araignée retrouvée dans les tiges de Poacées à la loupe binoculaire

Leur position dans la plante et leur proximité avec *Tellobius* sp. en font un centre d'attention. Aucune identification n'a pu être réalisée à ce jour.

3.4. Autres hôtes présents dans les tiges de Poacées ?

Un des résultats les plus originaux de notre étude a été l'observation de populations d'insectes autres que des chenilles de foreurs **dans** les tiges des Poacées.

Des Hyménoptères pollinisateurs et prédateurs ont été retrouvés dans les tiges, sous forme larvaire ou adulte (Tableau 4).

numero	date	plante	espece p.	localisation	milieu recol.	capture	ordre	famille	genre	espece	nb individus
AB 20	26/05/2014				jachère 2	fauchage	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Braunsapis</i>	sp. 3	5
AB 12					jachère 10	visuel-dans tige	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Braunsapis</i>	sp. 3	3 adultes
61	14/03/2014	Poaceae			jachère 1	visuel-manuel	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Braunsapis</i>	sp. 2	1
62	14/03/2014	Poaceae			jachère 1	ouverture tige	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Ceratina</i>	sp.	1
114	20/03/2014				jachère 11	ouverture tige	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Ceratina</i>	sp.	1
AB 29	23/04/2014				jachère 2	ouverture tige	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Ceratina</i>	sp.	2
AB 18	01/05/2014				jachère 5	ouverture tige	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Ceratina</i>	sp.	2
171	05/06/2014	Poaceae			jachère 1	visuel-manuel	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Ceratina</i>	sp.	1
113	20/03/2014	Poaceae			jachère 11	visuel-manuel	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Ceratina</i>	sp.	1
72	15/02/2014				jachère 2	visuel-manuel	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Ceratina</i>	sp.	1
87	21/03/2014	Poaceae			jachère 9	ouverture tige	Hymenoptera	Crabronidae Crabroninae	<i>Dasyproctus</i>	sp.	7
9	21/02/2014	Poaceae		NE Kounga	jachère 1	visuel-manuel	Hymenoptera	Crabronidae	<i>Dasyproctus</i>	sp.	6
116	20/03/2014	Poaceae			jachère 11	visuel-manuel	Hymenoptera	Megachilidae	Undet.	sp.	4
181	20/02/2014	Poaceae			jachère 11	visuel-manuel	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Xylocopa</i>	sp.	1
AB 16	23/04/2014				jachère 7	ouverture tige	Hymenoptera	Apidae Xylocopinae	<i>Xylocopa</i>	sp.	1
121	22/03/2014				jachère 11	fauchage	Hymenoptera	Megachilidae			1
48	03/03/2014	Poaceae			jachère 9	visuel-manuel	Hymenoptera	Apidae			1

Tableau 4 : Hyménoptères pollinisateurs et prédateurs identifiés dans les tiges de Poacées

De un à sept individus ont pu être comptabilisés dans une même tige.

Ces hyménoptères ont été identifiés comme des Apidae pollinisateurs foreurs de bois des genres *Braunsapis* (3 espèces), *Ceratina* et *Xylocopa* (2 espèces dont *X. albiceps*).

Certains de ces hyménoptères, adultes ou larves, ont été retrouvés dans les mêmes loges que les chenilles foreuses. C'est le cas de trois adultes de *Braunsapis* dans une tige d'*Andropogon schirensis*. En effet, la plupart de ces abeilles profitent le plus souvent de cavités déjà établies pour nidifier. Le creusage de tunnels dans des structures solides type bois mort, branches ou

tiges est un comportement également décrit pour les abeilles du genre *Xylocopa* ou *Ceratina*, répandues sur toute la zone tropicale (Solomon Raju *et al.*, 2006) ainsi que pour *Dasyproctus* sur des tiges de sorghum ou d'autres Poacées (Bowden, 1964) (Annexe 7). Aucune tendance quant à la localisation dans le milieu d'étude ou le choix d'une espèce de Poacée n'a pu être dégagé.

Ces abeilles solitaires font partie de deux guildes d'intérêt agronomique : Les Xylocopinae trouvées ont été caractérisées comme pollinisatrices du niébé dans le Sud-Bénin (Pauly *et al.*, 2009) ou de l'anacardier au Ghana (Aidoo, 2009), deux cultures présentes sur le bas-fond de Kouna.

Des Hyménoptères prédateurs du genre *Dasyproctus* (Crabronidae) ont également été retrouvés dans les tiges

Les *Dasyproctus*, après avoir nidifié, partent chasser et ramènent des proies pour leur progéniture. Il est également possible que des chenilles aient été consommées par ces hyménoptères prédateurs afin de faciliter la nidification dans les tiges.

3.5. Le gombo, principale culture-relai entre saison sèche et saison humide

Il a été possible, grâce à l'analyse conjointe des observations réalisées en saison humide par Robin Drieu, puis par moi, en saison sèche d'identifier des cultures qui servent de relais à divers insectes entre saison sèche et saison humide. La principale culture-relai est le gombo.

L'observation de l'entomofaune des cultures maraîchères, et en particulier du gombo (voir §3.1), a permis de détecter successivement des invasions de *Zonocerus variegatus* (Orthoptera:Acrididae), ou criquet puant, sous forme larvaire, qui causent des dégâts foliaires très marqués (Fig.19, en haut à gauche). Puis en avril 2014, les populations de punaises du genre *Dysdercus*, dont la présence sur le bas-fond a été signalée dès février, se sont multipliées sur les feuilles, les tiges et les fruits mûrs envahis par les larves (Fig.19, en haut à droite). Les fleurs étaient attaquées en majorité par des Coléoptères Meloidae du genre *Hycleus* (Fig.19, en bas à gauche). Des chenilles de la noctuelle du cotonnier et de la tomate, *Helicoverpa armigera*, ont été observées à l'intérieur des fruits verts, certaines mises en élevage pour vérification de l'espèce ou obtention de parasitoïdes (Fig.19, en bas à droite). De nombreuses

Chrysomèles dont des altises (Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae) sont aussi présentes sur cette culture.



Fig. 19 : principaux ravageurs des cultures de gombo

Les ravageurs identifiés sur le gombo sont habituellement retrouvés sur d'autres Malvaceae, en particulier le cotonnier (Bijlmakers et al., 1995 ; Vaissayre et al., 2000). Cette plante textile représente une très grande surface cultivée sur le bas-fond en saison humide (Drieu, 2013). Le gombo agit alors comme une culture relais en saison sèche, et pas seulement pour les ravageurs du cotonnier. En effet, des ravageurs des céréales, comme des coléoptères Chrysomelidae ou des hémiptères Cercopidae ont également été observés sur le gombo ou le piment. Cette présence d'herbivores attire les prédateurs sur le gombo. Parmi eux, la coccinelle *Cheilomenes sulphureae* a été aperçue en abondance. Elle a été répertoriée comme prédatrice de *Sesamia calamistis* par Getu et al. (2001). Des Reduviidae de l'espèce *Phonoctonus lutescens*, prédatrice de *Dysdercus* (Poutouli et al., 2011) ont été retrouvés dans les parcelles, par R. Drieu, puis dans mes observations.

Une concentration de l'entomofaune s'effectue donc sur la zone stricte du bas-fond en saison sèche, regroupant un système maraîchage-jachère humide. La plupart des régulateurs naturels ont cependant été trouvés en majorité qu'à partir de mai 2014, et en particulier en juillet.

4. Discussion

4.1. Réponses aux problématiques

Les principales questions posées au début du stage étaient de savoir si les foreurs de tiges des céréales (riz/maïs/sorgho) continuent leurs cycles de vie dans des plantes-hôtes secondaires des jachères, en particulier issues des familles botaniques des Poacées et Cyperacées et s'il était possible de qualifier voire de quantifier la régulation naturelle de ces ravageurs.

Nous répondrons d'abord à ces questions avant d'aborder d'autres points de discussion et les difficultés rencontrées dans cette étude.

4.1 Les foreurs de tiges continuent-ils leurs cycles de vie dans des plantes-hôtes des jachères ?

Les recherches menées pour répondre à cette première question ont permis de confirmer certaines données de la littérature, comme par exemple la sédentarisation des mouches Diopsidae dans le bas-fond (Togola et al., 2011).

L'identification d'*Andropogon schirens* comme plante-hôte secondaire principale pour des chenilles foreuses a été révélée pour la première fois, cette indication n'apparaît dans aucune publication.

Les récoltes d'insectes effectuées ont permis d'identifier de nombreux autres arthropodes en interaction avec les foreurs de tige au niveau des Poacées sauvages : la présence d'Hyménoptères Apidae au sein des tiges récoltées, parfois en cohabitation avec des chenilles foreuses peuvent amener à une réflexion sur un potentiel effet de compétition au sein des tiges de Poacées sauvages comme sites de nidification en saison sèche.

4.2 Est-il possible de quantifier la régulation naturelle des ravageurs ?

Les questions annexes étaient de savoir si des ennemis naturels connus (parasitoïdes, prédateurs) étaient présents dans le bas-fond durant la saison sèche, et s'ils étaient présents dans les mêmes milieux que leurs « cibles » ? Existe-t-il des plantes-hôtes et des insectes relais permettant leur survie ?

En ce qui concerne la régulation naturelle, les observations et les mises en élevage des chenilles rencontrées n'ont pas permis d'obtenir à ce jour, des parasitoïdes. Des insectes restent cependant en diapause et il sera utile de suivre leur développement, à Cotonou, jusqu'à leur émergence.

Quelques candidats potentiels pour le parasitisme des foreurs de tige ont été identifiés, si l'on considère le genre des Hyménoptères identifiés. Mais une confirmation au niveau de l'espèce doit être envisagée ultérieurement si possible afin de confronter les résultats à ceux de la littérature.

Les Hyménoptères parasitoïdes capturés ont marqué une nette préférence pour les milieux humides qui pourrait s'expliquer par le fait que ces milieux prodiguent des ressources nécessaires à leur survie par le biais de plantes-relais. Il est également possible que ces Hyménoptères soient présents dans les champs de céréales, ou ailleurs dans le bas-fond, mais aucun fauchage n'a pu être réalisé dans ces milieux.

En ce qui concerne la pression de prédation, aucun contrôle n'a pu être mis en évidence, mais beaucoup d'insectes prédateurs potentiellement dangereux pour les foreurs de tiges (Lépidoptères comme Diptères) ont été récoltés, en particulier grâce au fauchage. Certains ont été retrouvés dans les mêmes milieux que les foreurs (Odonates et Diopsides autour du canal central, Hyménoptères Crabronidae et chenilles foreuses dans les tiges de Poacées), ce qui pourrait confirmer leur rôle.

4.3 Importance de la composition paysagère dans la survie et le déplacement d'autres insectes

L'étude a aussi et surtout permis de mettre en exergue les mouvements des populations d'insectes en fonction des saisons et des conditions du milieu ; la compréhension de ces déplacements et du choix de sites spécifiques est essentielle dans une étude de régulation naturelle.

Mouches Diopsides du riz :

Les évolutions similaires d'effectif de mouches Diopsides sur les trois jachères humides observées, situées de manière éloignées les unes des autres semblent indiquer que l'évolution de leurs populations ne dépend pas des conditions micro-environnementales des milieux

étudiés mais plutôt de phénomènes biologiques propres aux Diopsides ou d'évènements survenant à l'échelle du paysage.

La phase d'augmentation des effectifs n'est pas expliquée par le comportement reproductif des espèces: aucune ponte n'a été observée sur les Cyperacées de zone humide. L'analyse des abdomens des femelles de Diopsides au laboratoire n'a pas permis d'observer d'œufs. Il semblerait que les conditions favorables de ces milieux pour les Diopsides les engagent à s'y accumuler; le facteur humidité peut aussi jouer un rôle : si pluie il y a eu la veille du relevé, la fraîcheur qui en résulte peut attirer les Diopsides (Brenière, 1957).

Pour ce qui est de la phase de décroissance du nombre de Diopsides dans les jachères, un élément de réponse peut être apporté : lors d'une visite effectuée du 6 au 12 mai 2014, des repousses de riz ont été observées à plusieurs endroits du bas-fond, repousses qui devaient déjà être établies depuis quelques semaines. Cette présence pourrait expliquer le déplacement des Diopsides vers ces milieux qui semblent leur offrir de meilleures conditions nutritionnelles (Togola *et al.*, 2011), et donc ainsi provoquer leur nette diminution dans les jachères humides.

Hyménoptères parasitoïdes :

Les résultats de récolte et d'identification des hyménoptères parasitoïdes nous ont permis d'observer une localisation spatiale et temporelle des hyménoptères parasitoïdes dans le bas-fond.

Les deux périodes où le plus d'hyménoptères ont été récoltées correspondent aux pics d'infestation observés sur les céréales, d'abord par R. Drieu, fin août 2013, 2 à 3 mois après le semis du maïs et du sorgho, et 1 mois après le semis du riz, sur une période autour du stade « épi laiteux » du maïs, puis en octobre-novembre, à une période proche de la récolte (Annexe 6).

Au niveau spatial, en considérant l'ensemble des genres capturés, les parasitoïdes rencontrés sont répartis majoritairement entre deux types de milieu du bas-fond: les jachères et les champs de riz (Fig. 16b). La présence des genres *Neotrichoporoides* ou *Aprostocetus* sur les parcelles de riz ou les jachères humides apparaît logique car des espèces de ces deux genres sont connues comme parasitoïdes de Diopsides (Boucek, 1988 ; LaSalle, 1994). Le genre

Neotrichoporoides a été repéré dès le mois de juin 2014 dans les jachères humides. En mai et juin 2014, d'autres genres ont été retrouvés en majorité au canal central d'écoulement du bas-fond (jachères humides et gombo). Deux genres, *Telenomus* et *Apanteles*, non signalés pendant la saison humide, sont des genres dont certaines espèces sont parasitoïdes de la pyrale *Mussidia nigrivella* (Sétamou, 1999), et le genre *Telenomus* possède également certaines espèces connues pour être parasitoïdes de la Noctuelle *Helicoverpa armigera* (Meierrose *et al.*, 2009).

Mussidia nigrivella a été capturée dans les épis de maïs en grande quantité par R. Drieu entre août et novembre 2013 et est responsable des principaux dégâts relevés sur le maïs (Annexe 9c). Moyal et Tran (1991) ont par ailleurs signalé la présence de *Mussidia nigrivella* sur les fruits du karité, *Vitellaria paradoxa*, qui sont très présents dans la région de Pélébina. Une recherche des parasitoïdes de *M. nigrivenella* pourrait donc être envisagée dans ces fruits. Les chenilles de *Helicoverpa armigera* ont quant à elles été observées dans les zones humides du bas-fond de Kounga, sur le gombo notamment.

Iphiaulax (Braconidae) est le seul genre observé tout au long de l'année sur le bas-fond. Il a été observé près d'un champ de maïs dans le courant du mois de mai 2014. Sa présence en saison sèche pourrait expliquer celle du genre *Eurytoma*, décrit comme hyperparasite (Kfir, 1990a et 1992b). Malgré les multiples fauchages réalisés dans les jachères sèches en intersaison *Eurytoma* est le seul genre de parasitoïde qui peut être relié aux insectes foreurs de tige

Sur les résultats globaux de ces fauchages, un fait particulier a retenu mon attention : pas plus de 3 individus d'insectes parasitoïdes n'a été obtenu par fauchage, alors que des densités élevées de Diopsides sont rencontrées dans les jachères humides (200 à 300 individus/fauchage). Ceci pose la question de la nécessité de techniques d'échantillonnage différencié selon les groupes d'insectes étudiés.

Hyménoptères Apoidae :

Lors de récoltes de tiges de Poacées, la découverte d'Apoidae au sein des tiges nous a permis de déterminer des sites de nidification pour ces insectes. Les habitats semi-naturels et les

bandes enherbées sont reconnus comme sites de nidification pour les abeilles (Holzschuh, 2006). Cela semble particulièrement vrai à Kouna, surtout en saison sèche car :

- les grandes Poacées sont sèches et offrent une abondante matrice de refuge,
- la pression phytosanitaire sur le bas-fond est réduite, du fait de l'arrêt des grandes cultures, ce qui favorise également le peuplement des abeilles (Holzschuh, 2006).

Les Poacées sauvages semblent donc être la cible à la fois de chenilles foreuses de tige et des abeilles solitaires. Aucun lien n'a pu être fait entre la présence des hyménoptères et celles des chenilles dans les jachères.

Un potentiel phénomène de compétition pourrait être étudié, mais l'état de la tige utilisée n'est pas le même pour ces deux arthropodes : tandis que les chenilles foreuses se nourrissent de l'intérieur de tiges pleines, les Apidae recherchent des végétaux creux afin de pouvoir installer leur progéniture.

4.2. Importance du savoir local

4.2.1. L'apport des savoirs traditionnels pour l'identification des plantes et des bioagresseurs

L'identification d'*Andropogon schirens* n'a pu se faire qu'en passant par la connaissance de leur milieu par les autochtones. En effet, lors de la récolte de tiges de Poacées sauvages, ma connaissance en botanique locale était très limitée, et il a été demandé aux observateurs de donner des noms aux plantes récoltées dans leur langue, le Yom (voir § 2.2.2). Un herbier a par la suite été réalisé avec la flore des jachères, contenant les Poacées et Cypéracées principales, puis envoyés à l'Herbier National du Bénin à Cotonou afin de procéder à l'identification. C'est ainsi qu'une capitalisation du savoir local a été réalisée sous la forme de banque de données bio-linguistiques

- Les noms des Poacées majoritaires rencontrées sur les jachères sèches du bas-fond de Kouna avec l'équivalent nom *Yom*/nom latin des espèces. Certaines Cypéracées ont également pu être identifiées. (Annexe 8).

- Un listing des ravageurs principaux des céréales, du coton ou du niébé, issus des questionnaires, avec les noms en langue *Yom*, *Kotokoli* et français lorsque cela était possible (Tableau 5).

nom_yom	nom_kotokoli	plante	fiche_maïs	fiche_sorgho	nom_français	nom_latin	remarque
djangbénougou	Douvoré		oui	oui	tourtelles		
cahamaha	Katadjila		oui	oui	Oiseau tisserand		
Tchèra	Alpha-simssi		oui	oui			
Tchète	Alpha-simka		oui	oui			Singulier de tchèra
gnounga	Liya		oui	oui	Perdrix		
jamyenii	Avowa		oui	oui	Pigeon sauvage		Même que djangbénou
kamana	Katadjila		oui	oui			Même que cahamaha
kahemesse	Katadjilassi		oui	oui			Pluriel de cahamaha
kpani	Souhouni		oui	oui	Pintade sauvage		
nyuse	Lizi		oui	oui			Pluriel de gnounga

Tableau 5 : Extrait de la base de données sur la connaissance locale des ravageurs des cultures, onglet oiseaux. Les colonnes « fiche_maïs » et « fiche_sorgho » précisent si le ravageur a été cité respectivement durant les enquêtes sur le maïs et le sorgho.

4.2.2. Début des analyses des enquêtes sur les pratiques culturelles

Afin de conserver une présence auprès des agriculteurs et d'augmenter le savoir local sur les calendriers de cultures, les ravageurs, les traitements effectués et leur fréquence ainsi que les méthodes de lutte traditionnelles, des questionnaires ont été soumis aux agriculteurs du bas-fond.

Les questions posées aux agriculteurs tentaient de mettre en évidence leurs connaissances sur les éléments cités plus haut, en essayant d'obtenir l'information la plus précise et la plus exploitable possible. Un exemple de questionnaire est disponible en annexe. Les cultures ciblées pour ces questionnaires étaient le maraîchage, principalement le gombo, ainsi que le niébé et le maïs du début de la saison humide. R. Drieu s'était lui intéressé aux céréales ainsi qu'au coton en saison humide.

A partir des questionnaires réalisés sur le gombo (trente-neuf (39) exemplaires) et sur le maïs (trente-sept (37) exemplaires), des tendances ont pu être dégagées quant aux habitudes des agriculteurs vis-à-vis de l'utilisation d'intrants (Fig.20).

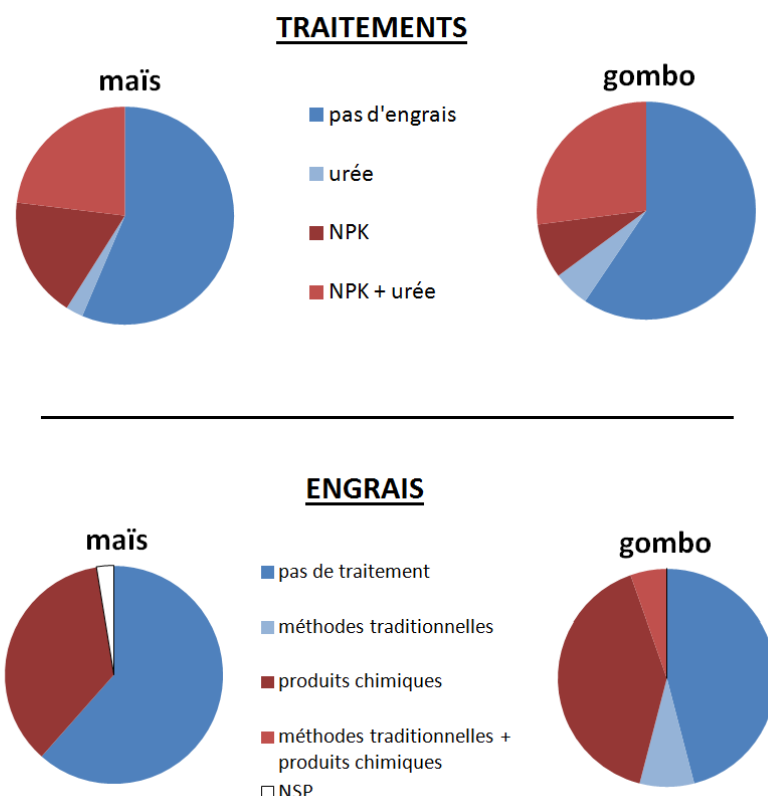


Fig.20 : Organigramme des traitements (herbicides et insecticides confondus) (haut) et d'engrais (bas)

Par rapport à cet échantillon, il est remarquable de constater que le recours systématique aux intrants n'est pas la règle à Pélébina. Cependant :

- L'échantillon se limite aux seuls cultivateurs de Pélébina, et la totalité de ceux-ci n'ont pu être interrogés.
- Malgré une surveillance et une démonstration du déroulé du questionnaire et des réponses souhaités aux agents de terrain, il est possible que certaines d'entre elles n'aient pas été comprises par les agriculteurs ; parfois les réponses obtenues étaient assez farfelues ou sans rapport avec la question initiale.
- Bien que tout le monde n'utilise pas de produits phytosanitaires, les produits utilisés sont parfois des produits dangereux, interdits d'usage en Europe (ex : l'herbicide « AtraHerbe » dont la substance active est de l'Atrazine) et manipulés loin des conditions de sécurité nécessaires (Fig.21).



Fig. 21 : photographies prises lors de la manipulation des produits phytosanitaires lors des périodes de traitement

En plus d'informations originales obtenues sur les semences utilisées, sur les dates de semis ou sur l'utilisation des produits de la culture, un important répertoire des produits phytosanitaires utilisés à Pélébina est en construction.

4.3. Difficultés de l'étude

4.3.1. Difficultés d'analyse

Problèmes liés à l'échantillonnage

Récolte des tiges de Poacées

Le premier problème rencontré concerne la délimitation des zones étudiées. Les jachères sèches où ont été récoltées les chenilles foreuses ont été arrêtées dès que l'on rencontrait une zone cultivée, un chemin ou une haie, arbustive ou non. Or il se pouvait qu'une autre jachère à la composition relativement similaire se trouve à quelques mètres de la limite établie de la jachère précédente. Dans ce cas se pose la question de savoir si nous ne sommes pas en train d'étudier un seul et même milieu d'accueil des foreurs de tige (exemple des jachères sèches n°1 et n°3), et il serait donc malvenu de les séparer dans les analyses. On peut raisonner de même manière pour les jachères humides près du canal central, qui représentent un certain continuum tout le long du bas-fond, jouxté aux parcelles maraîchères

Ensuite, plusieurs choix sur la méthode de récolte des tiges ont pu influencer les résultats : aucune Cypéracée n'a été prise en compte dans les collectes à cause des difficultés liées à leur identification; or de nombreuses espèces de Cypéracées ont été décrites comme hôtes secondaires appartenant majoritairement au genre *Cyperus*

Fauchage

Bien que cette technique soit l'une des meilleures pour capturer les micro-hyménoptères parasitoïdes (84% de ces arthropodes ont été capturés grâce à la méthode du fauchage), elle ne peut s'appliquer que sur des milieux ouverts qui s'y prêtent bien. L'abondance de structures ligneuses, d'épineux, la hauteur de la végétation sont autant d'éléments qui interdisent son emploi.

Certaines jachères sèches s'y prêtent parfaitement (Fig.22, jachère n°6), tandis que d'autres beaucoup moins (Fig.22, jachère n°2).

Les parcelles cultivées en maïs ou en sorgho ne peuvent pas non plus être fauchées, ce qui ne permet pas de vérifier l'éventuelle présence de parasites des fleurs de tige au sein de ces parcelles céréalières avec cette technique.



Fig. 22 : vues particulières des jachères n°6 (à gauche) et n°2 (à droite)

La chronologie des observations, le volume et le temps de travail nécessaires pour une bonne réalisation (déplacement, tri, conservation) a entraîné l'emploi de cette méthode uniquement à certains moments et non pas durant une longue durée. Ceci explique sans doute que le pic de captures d'espèces hyménoptères parasitoïdes observé en juillet et août 2013 corresponde à la seule période de fauchage de R. Drieu, le reste de son étude étant consacrée à l'étude des dégâts sur les céréales (Drieu, 2013).

Les parasitoïdes capturés aux mois de septembre et novembre 2013 l'ont été manuellement : il s'agit d'insectes facilement reconnaissables à leur tarière très longue (dans le cas des femelles), et de taille plus imposante que les micro-hyménoptères.

Pour ces raisons, il est difficile de comparer des données de fauchage sur l'ensemble de cette étude. En revanche, cette technique a permis de dresser un premier inventaire des insectes présents dans les milieux fauchés, ainsi que la proportion de chaque ordre d'Insectes.

Des réseaux trophiques complexes

Bien que de nombreux régulateurs naturels ont été récoltés tout au long de cette étude, d'autres insectes ont des rôles plus complexes à définir qui rendent difficile la compréhension des interactions dans la régulation naturelle. Ainsi :

- Les Hyménoptères du genre *Osprynchotus* sp. (Ichneumonidae) sont connus comme étant parasite de Sphecidae. Or les Sphecidae sont eux-mêmes prédateurs d'araignées prédatrices de punaises phytophages ;
- Un Hyménoptère du genre *Gryon* (Platygastridae) est parasite d'œufs de *Rhynocoris albopilosus*, punaise prédatrice des pontes de *Thaumatotibia leucotreta*, ravageur du cotonnier et des arbres fruitiers ;
- Une larve du genre *Dysdercus* phytophage a été retrouvée en train de dévorer une punaise de type prédatrice (photo de couverture du rapport).

L'identification des espèces : un problème majeur en Afrique

De nombreux parasitoïdes n'ont pu être identifiés (par G. Delvare) que jusqu'à la sous-famille, voire jusqu'au genre. Bien que dans ces taxons identifiés, il existe des espèces parasitoïdes, ces identifications peuvent être insuffisantes pour conclure à un éventuel contrôle biologique des ravageurs qui nous intéressent, les foreurs de tige. Un hyménoptère identifié comme *Stenomesius* sp. a été capturé par fauchage sur du riz au mois de juillet 2014. Selon la littérature, l'espèce *Stenomesius japonicus* est parasitoïde d'une chenille de foreur. L'insecte rencontré est donc probablement un parasitoïde mais il n'a pas été possible d'identifier, à ce jour, cette espèce.

Les faibles abondances observées

De plus, le fait particulièrement remarquable sur l'observation de ces hyménoptères est la quantité qui en a été trouvée : pas plus de 3 individus pour un fauchage, à côté des densités de Diopsides trouvés sur les jachères humides (200 à 300 individus/fauchage), ou des populations de chenilles foreuses sur une parcelle de maïs.

Ceci nous amène à poser d'autres questions telles que :

Y a-t-il une dispersion et non agrégation des individus dans le milieu voire dans le bas-fond, à la recherche d'hôtes potentiels ?

La technique du fauchage permet-elle de capturer efficacement les hyménoptères parasitoïdes ?

La régulation naturelle par le parasitisme est-elle efficace ?

4.3.2. Difficultés d'ordre technique et humain

Les difficultés liées aux élevages de chenilles ont déjà été évoquées. D'autres soucis ont été liés au **matériel** disponible et à sa mise en valeur. Les chenilles foreuses trouvées devaient initialement être envoyées à Cotonou afin d'être élevées, si possible sur des milieux de culture artificiels du type de ceux préparés par l'IITA. Ces milieux sont considérés comme bien adaptés à ce type d'étude (Mailafiya *et al.*, 2011 ; Ong'Amo *et al.*, 2010). Malheureusement, l'envoi de ces chenilles n'a pas pu s'organiser, le seul moyen fiable étant de les confier à des chercheurs de l'IRD de passage sur la route qui traversait le village. Il est possible d'identifier les chenilles grâce à certains critères morphologiques, notamment leur pilosité, mais cela requiert un excellent état de la chenille, ce qui était très loin d'être la règle.

La **disponibilité des chercheurs** a été ressentie comme un facteur limitant: faute de disponibilité, certaines analyses comme des relevés floristiques n'ont pas pu être effectués. Ces relevés devaient apporter des éléments botaniques plus précis quant au peuplement de Poacées rencontrées en saison sèche.

Les communications par la connexion Internet via le routeur Wifi a posé d'autres problèmes difficiles à résoudre.

Enfin, le travail technique exigé des agents observateurs employés localement a nécessité une formation préliminaire à ces tâches nouvelles et inconnues pour eux. La gestion de ces observateurs et des assistants de terrain a également été une expérience particulière pour moi. Ces jeunes adolescents à la recherche de travaux d'appoint ont souvent été attirés par les meilleures conditions financières offertes par les travaux agricoles mieux rémunérés qui leur étaient proposés (labour, semis, récolte...). La concurrence entre les indemnités offertes pour les observations et la rémunération 'externe' au projet n'a pas été facile à gérer pour le stagiaire étranger au système local que j'étais.

5. Conclusion

Une approche de type paysage a été adoptée pour étudier la régulation naturelle des ravageurs des céréales dans un bas-fond rizicole polycultivé au Nord du Bénin. L'étude réalisée en saison sèche s'est spécialisée sur l'étude des milieux semi-naturels et la recherche de plantes hôtes secondaires pour les foreurs de tige. Ces observations ont été complétées par un travail de cartographie saisonnier du bas-fond, la réalisation d'enquêtes sur les pratiques culturales pour les cultures d'intersaison (maraîchage, niébé), ainsi que par la collecte du vocabulaire des principaux ravageurs des cultures en langue locale.

Des découvertes originales ont été faites comme la définition d'une Poacée hôte de chenille foreuse ou l'observation de cultures relais comme sites de refuge en saison sèche pour les ravageurs des cultures de saison humide et leurs ennemis naturels. Même si à ce stade de l'étude (identifications incomplètes, élevages et capitalisation des données en cours), il est difficile de porter des réponses aux questions posées et des solutions à long terme pour les agriculteurs, certaines pistes méritent d'être exploitées.

De possibles utilisations des informations récoltées pourraient être faites dans la mise en place d'installations visant à améliorer la régulation des ravageurs. Une identification précise d'une espèce parasitoïde de foreur de tige pourrait amener à réaliser la multiplication de celui-ci dans le cadre d'un lâcher ; la découverte de plantes hôtes secondaires telles *Andropogon schirensis* peuvent permettre de développer un système de push-pull en s'en servant comme plante piège pour les foreurs. Malheureusement, le facteur financier reste toujours un frein évident à ce genre de projets, sans compter les aspects pratiques et techniques.

Références bibliographiques

- ADDA C., ATACHI P., HELL K., KORIE S., TAMO M. (2009) Effect of planting date on incidence and damage by *Sesamia calamistis* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize in southern Benin. *International Journal of Tropical Insect Science* 29, 208 -218.
- ALGHALI A.M. (1983) Relative susceptibility of some rice varieties to the stalk-eyed fly *Diopsis thoracica* West. *Insect Sci. Application* 4,, 135-140.
- ALTIERI M.A. (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 19–31.
- AL-SALTI M.N. (1980) Etude de la reproduction et du développement de *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera, Noctuidae) et des modifications apportées par un traitement insecticide (Carbofuran, Diméthoate et Décaméthrine). *O.R.S.T.O.M Paris*.
- BIANCHI F.J.J.A., BOOIJ C.J.H., TSCHARNTKE T. (2006) Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B.* 273, 1715-1727. DOI:10.1098/rspb.2006.3530
- BIJLMAKERS H.W.L., VERHOEK B.A. (1995) Guide de Défense des Cultures au Tchad (Cultures Vivrières et Maraîchères). *Projet FAO/PNUD CHD/88/001 "Renforcement de la Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement" Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome 1995. 413 pp.
- BRENIERE J. (1969) Importance des problèmes entomologiques dans le développement de la riziculture de l'Afrique de l'Ouest. *ORSTOM Fonds Documentaires, L'Agronomie tropicale* 24, 10, pages ?
- CALATAYUD P.A. et al (2014) Ecology of the African Maize Stalk Borer, *Busseola fusca* (Lepidoptera: Noctuidae) with Special Reference to Insect-Plant Interactions. *Insects* 5, 539-563. DOI : 10.3390/insects5030539
- COCHEREAU P. (1978) Fluctuations des populations imaginales de *Diopsis thoracica* (Westwood) et *Diopsis apicalis* (Westwood) (Diptera: Diopsidae) en liaison avec la phénologie d'un riz de bas-fond à Bouaké (Côte d'Ivoire). *Cah. ORSTOM, sér. Biol.* 13, 45-58.

CROWDER D. W., HARWOOD J. D. (2014) Promoting biological control in a rapidly changing world. *Biological Control*. Suite ???

DABIRE L. (1980) Biologie et ecologie d'*Eldana Saccharina* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), foreur du maïs en Côte d'Ivoire et inventaire des autres Lépidoptères foreurs du maïs. *O.R.S.T.O.M 1980 suite ??*

DESCAMPS M. (1957). Contribution à l'étude des Diptères Diopsidae nuisibles au Riz dans le Nord-Cameroun. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée* 4, 83-93.

DIB H. (2010) Rôle des ennemis naturels dans la lutte biologique contre le puceron cendré, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera:Aphididae) en vergers de pommiers. Thèse de doctorat, Université d'Avignon

DRIEU R. (2013) son rapport de stage : Caractérisation de la régulation naturelle des ravageurs des céréales dans une région agricole du Bénin

R. DRIEU, P. SILVIE, P. MENOZZI, C. ADDA, J. HUAT, S. AUZOUX, V.

SOTI, R. GOEBEL. (2014) Constraints for studying cereal pest management with a landscape approach: a case study in North Benin, *IOBC-WPRS Bulletin Vol. 100, 2014*, pp.35-39

GIERTZ S., STEUP G., SINTONDI L., GBAGUIDI F., SCHÖNBRODT S. (2006) Inventaire des bas-fonds dans le bassin versant de l'Ouémé supérieur. IMPETUS Atlas Bénin.

HARRIS, K.M., NWANZE, K.F. (1992) *Busseola fusca* (Fuller), the African maize stalk borer: a handbook of information. *Information Bulletin no. 33*. Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, and Wallingford, UK: CAB International. 92 pp.

HEINRICH E.A., BARRION T.A. (2004) Rice-feedings insects and selected natural enemies in West Africa, biology, ecology, identification. *Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute and Abidjian (Côte d'Ivoire): WARDA-The Africa Rice Center*. 243 pp.

HOLZSCHUH A.A.V. (2006) Bees and wasps in agricultural landscapes: effects of dispersal corridors and land-use intensity at multiple spatial scales. *Dissertation zur Erlangung des*

KFIR R., OVERHOLT W.A., KHAN Z.R., POLASZEK A. (2002) Biology and management of economically important lepidopteran cereal stem borers in Africa. *Annual Review of Entomology* 47, 701-731.

LE RU B.P., ONG'AMO G.O., MOYAL P. et al (2006a) Geographic distribution and host plant ranges of East African noctuid stem borers. *Annales de la Société Entomologique de France Nouvelle série* 42, 353 -361.

LE RU B.P., ONG'AMO G.O., MOYAL P. et al (2006b) Diversity of lepidopteran stem borers in eastern Africa revisited. *Bull. Entomol. Res.* 96, 555-563.

MAILAFIYA D.M., LE RU B.P., KAIRU E.W., CALATAYUD P.-A., DUPAS S. (2010). Factors affecting stem borer parasitoid species diversity and parasitism in cultivated and natural habitats. *Environ. Entomol.* 39, 57-67.

MEIERROSE C., ARAUJO J. (2009) Natural egg parasitism on *Helicoverpa (Heliothis) armigera* Hbn. (Lepidoptera, Noctuidae) on tomato in South Portugal. *Journal of Applied Entomology* 101,11-18, DOI: 10.1111/j.1439-0418.1986.tb00827.x

MOYAL P., TRAN M. (1991b) cob borer *Mussidia nigrivenella* Ragonot (Lepidoptera, Pyralidae) of maize in Ivory Coast. II- Ecological data. *Insect Science and its Application* 12, 215-223.

ONG'AMO G. O., LE RU B. P., CALATAYUD P.-A. & SILVAIN J.-F. (2010) Composition of stem borer communities in selected vegetation mosaics in Kenya. *Arthropod-Plant Interactions*, suite ?? DOI : 10.1007/s11829-012-9241-0

OVERHOLT W.A., OGEDAH K., LAMMERS P.M. (1994) Distribution and sampling of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae) in maize and sorghum on the Kenya coast. *Bull. Entomol. Res.* 84,367-378.

POLASZEK A. (1998) *African cereal stem borers: economic importance, taxonomies, natural enemies and control*. CAB International in association with the ACP-EU Technical Center for Agricultural and Rural Cooperation (CTA). 530 pp.

POUTOULI W., SILVIE P., ABERLENC H.-P. (2011) Hétéroptères phytophages et prédateurs d'Afrique de l'Ouest. *CTA, Postbus 380, Wageningen, The Netherlands*. 82 pp.

SETAMOU M., SCHULTHESS F. (1995) The Influence of Egg Parasitoids Belonging to the *Telenomus busseolae* (Hymenoptera: Scelionidae) Species Complex on *Sesamia calamistis* (Lepidoptera: Noctuidae) Populations in Maize Fields in Southern Benin. *Biocontrol Science and Technology* 5, 69-82.

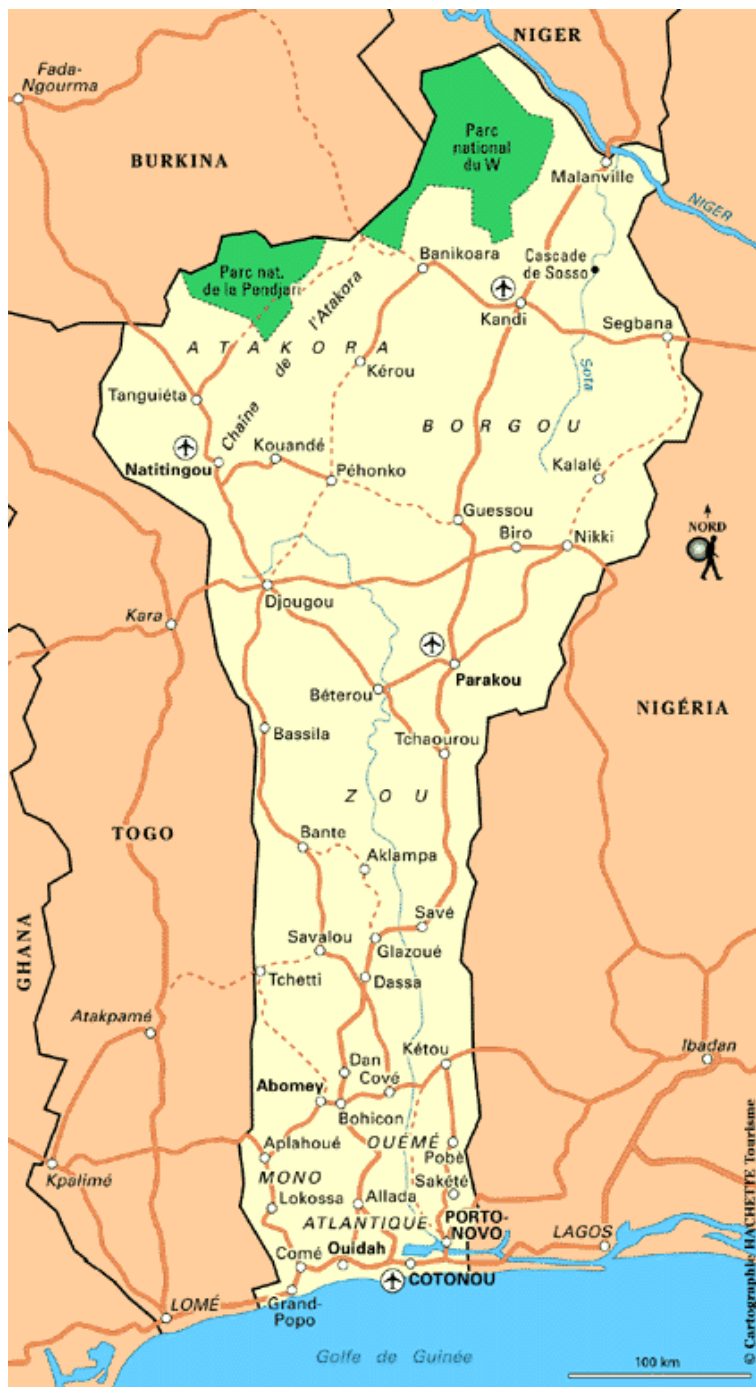
SCHULTHESS F., CHABI-OLAYE A., GOERGEN G. (2001) Seasonal fluctuations of noctuid stemborer egg parasitism in Southern Benin with special reference to *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae) and *Telenomus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) on Maize. *Biocontrol Science and Technology* 11, 745-757.

VAISSAYRE M., CAUQUIL J. (2000) Principaux ravageurs et maladies du cotonnier en Afrique au sud du Sahara. *La librairie du Cirad, nombre de pages ?*

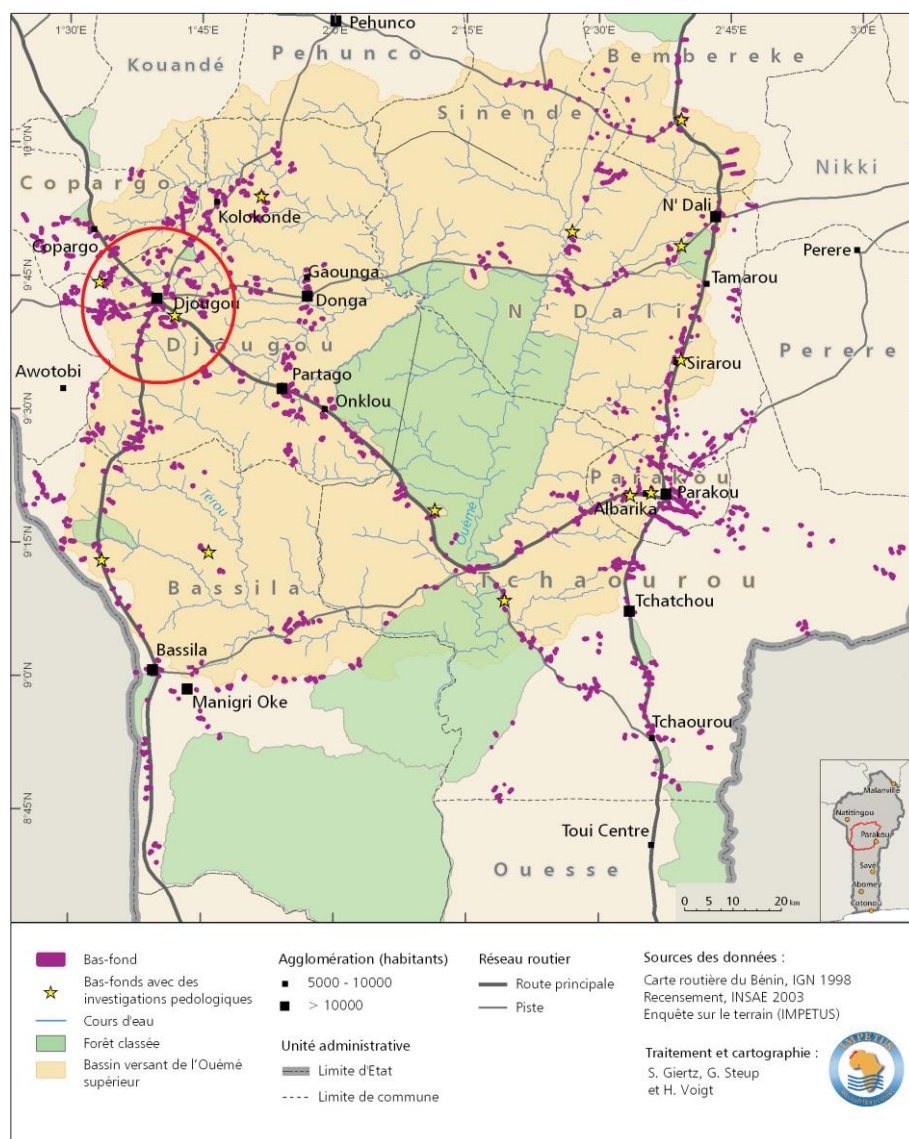
YOUM O., HARRIS K.M., NWANZE K.F. (1996) *Coniesta ignefusalis* (Hampson), the millet stem borer: a handbook of information. *Information Bulletin no. 46*. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 60 pp.

Annexes

Annexe 1 : Carte générale du Bénin (source : Guide du Routard)

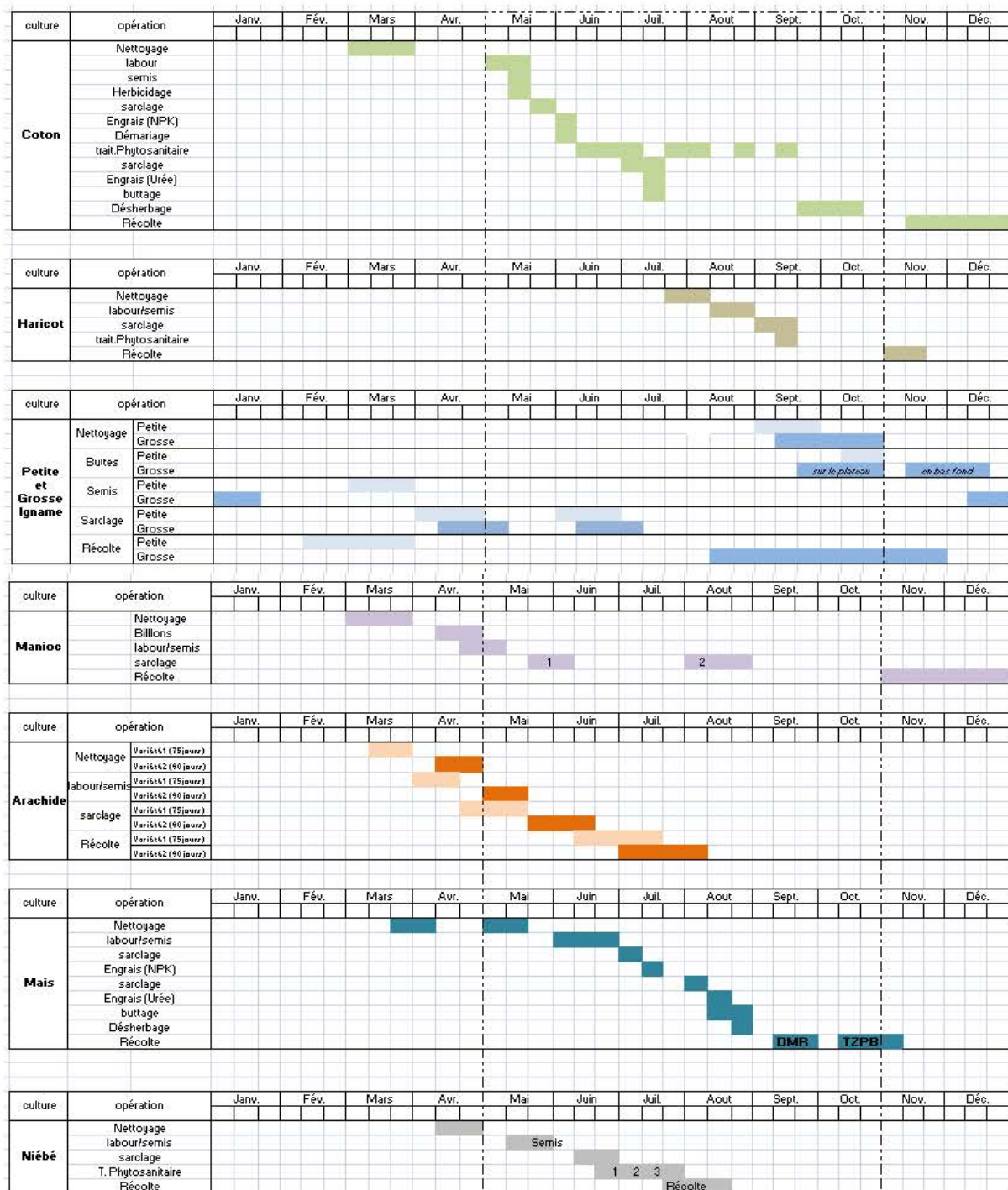


Annexe 2 : Les bas-fonds prospectés dans les communes du Bassin versant de l'Ouémé supérieur (source : S. Giertz 2006). Le cercle rouge localise l'abondance des bas-fonds dans la zone d'étude.



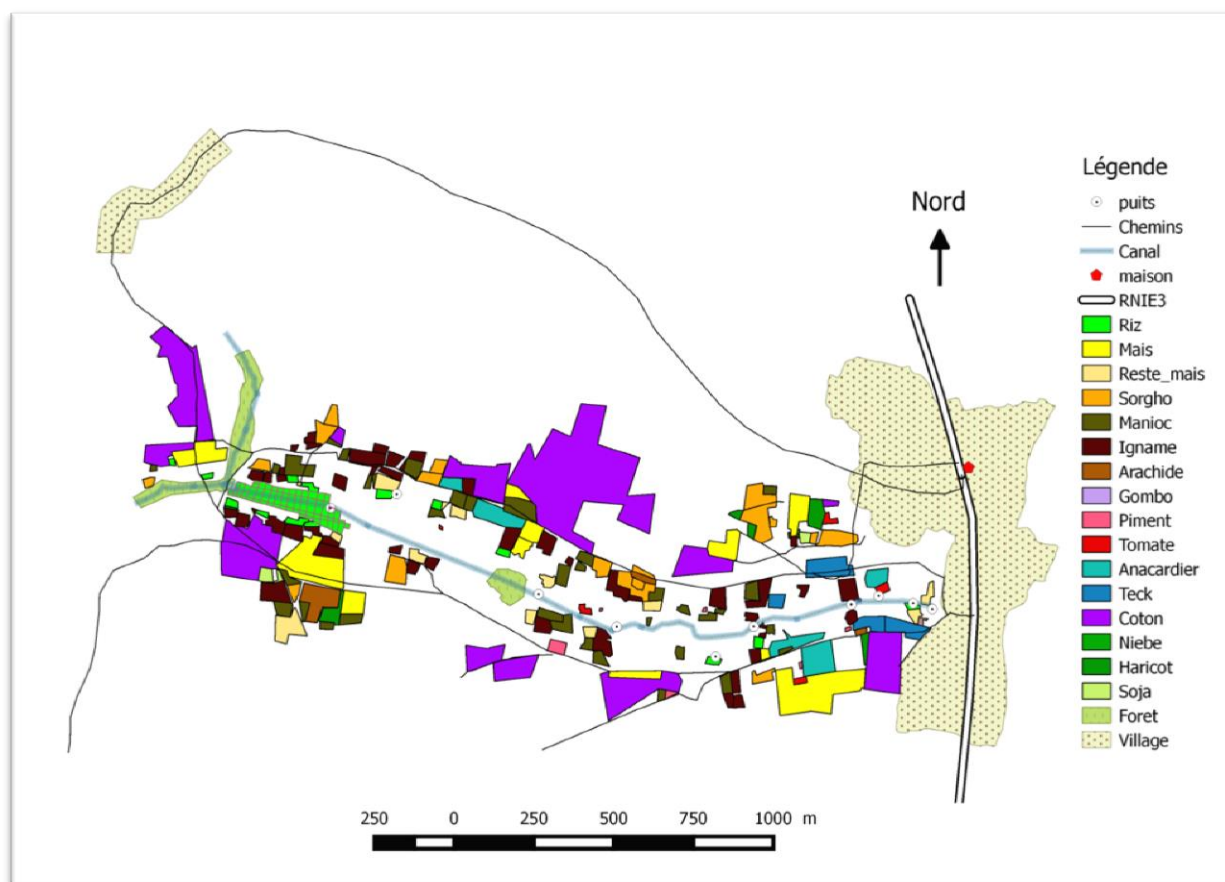
Annexe 3 : Les périodes d'intervention par culture dans le village de Pélébina à Djougou.

(Source: Enquête agroéconomique à Pélébina /Sept à Nov. 2013 / Réalisée par : Jean-Louis Fusillier)



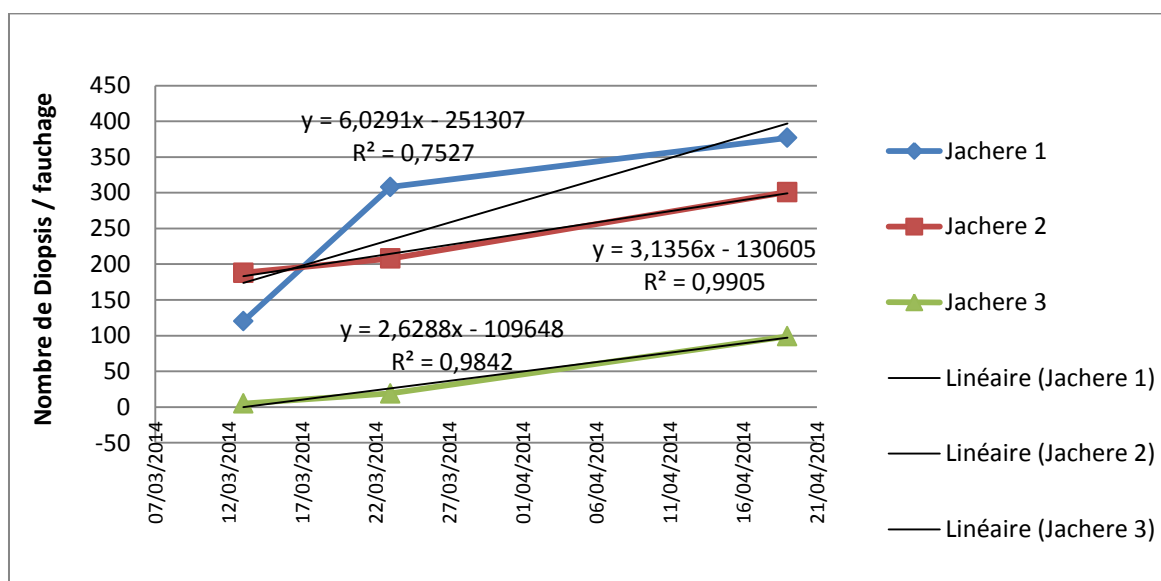
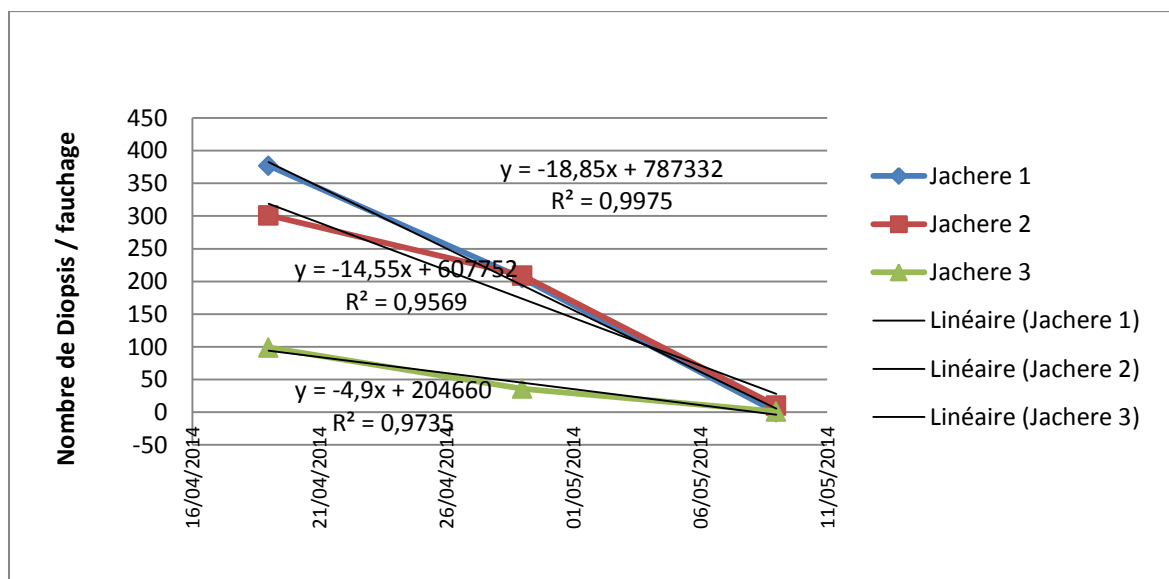
culture	opération	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Sorgho	Nettoyage												
	labour/semis												
	sarclage												
	Engrais (NPK)												
	buttage												
	sarclage												
	Récolte												
culture	opération	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Riz	Nettoyage												
	Labour/Digue/Planage												
	Semis												
	Herbicide/Sarclage												
	Engrais (NPK)												
	Sarclage/Désherbage												
	Engrais (urée)												
	Récolte												
	Mise en botte, battage, vannage												
culture	opération	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Gombo	Nettoyage												
	Labour												
	Planage												
	Semis												
	Arrosage												
	Sarclage												
	Engrais (NPK et Urée)												
	Récolte												
culture	opération	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Piment	Pépinière												
	Nettoyage												
	Labour/Repiquage												
	Arrosage												
	1er Sarclage + Engrais (NPK)												
	2eme Sarclage												
	Engrais (urée)												
	Récolte												

Annexe 4 : Cartes du bas-fond de Kounga, Pélébina : état des cultures en novembre 2013



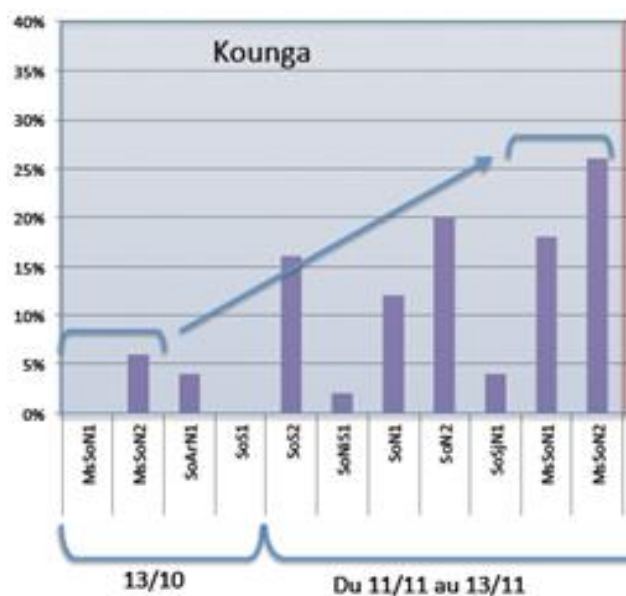
(Source : Drieu, 2013).

Annexe 5 : graphiques montrant les évolutions linéaires du nombre de Diopsidae du 13 mars au 19 avril 2014 puis du 19 avril au 9 mai 2014

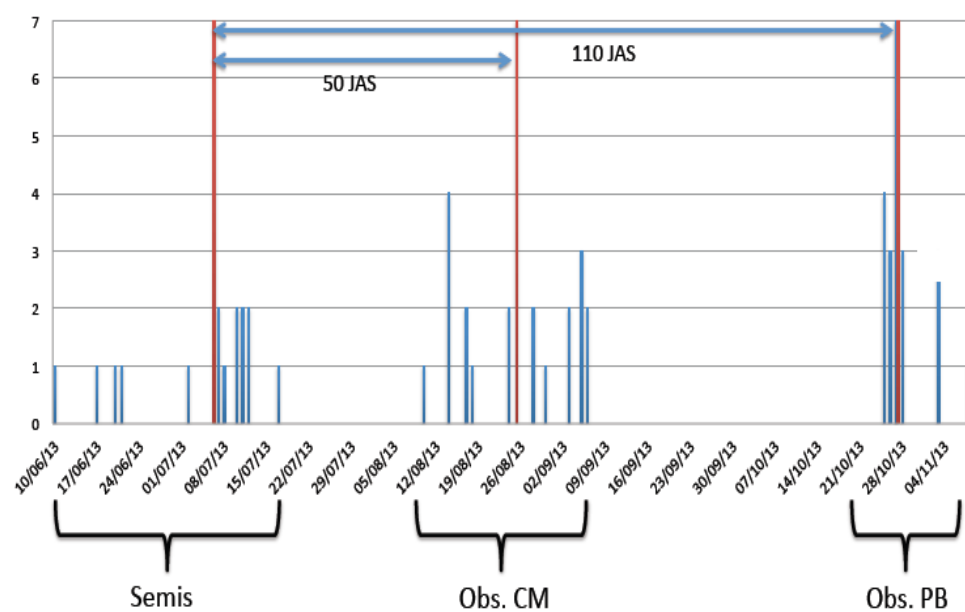


Annexe 6 : Graphes montrant les pics d'infestation des céréales (source : Drieu, 2013)

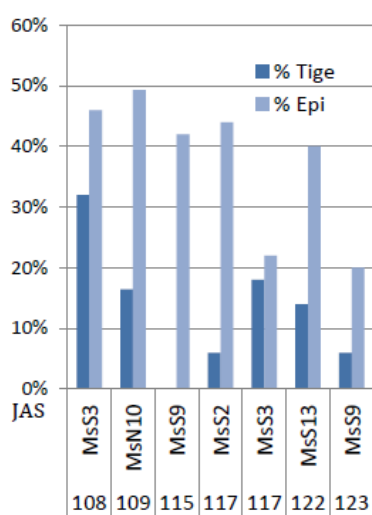
- **6a** : Périodes des pics d'infestation du sorgho sur le bas-fond de Kounga.



- **6b** : Histogramme des dates de semis et d'observation du riz (BL19/90jours)



- **6c** : pourcentage de tiges et d'épis de maïs attaqués par des chenilles foreuses au cours de la culture. Le code indiqué est celui des parcelles selon la carte de Kounga en août 2013, le chiffre en dessous correspond au nombre de jours après semis (JAS) (pour MsS9 : semis le 01/07/2014).



Annexe 7: exemple de tige forée par une abeille Xylocopinae (**8a** : trou de forage dans une Poacée sauvage ; **8b** : nid de *Xylocopa micans* dans une brindille (source : Grissell et al., 2014))



Annexe 8 : Liste des noms locaux et scientifiques des plantes récoltées à Pélébina

Récolte Pélébina juin 2014

(Confirmation à l'Herbier National du Bénin le 2 juillet 2014)

nom local	famille	nom botanique	NB	localisation
brakpai	Poaceae	<i>Andropogon gayanus</i>	-	jachère sèche
djignikpaoun	Poaceae	<i>Bracharia jubata</i>	-	jachère sèche
djimne	Poaceae - Andropogoneae	<i>Hyparrhenia sp.</i>	à préciser	jachère sèche
domohou	Poaceae	<i>Digitaria acuminatissima</i>	-	jachère sèche
féfémé	Cyperaceae	<i>Cyperus tenuiculmis var. schweinfurthianus</i>	-	jachère sèche ou humide
fra	Poaceae	<i>Andropogon schirensis</i>		jachère sèche
kpahmé	Poaceae	<i>Sporobolus pyramidalis</i>	incertain	jachère sèche
mémédoha	Poaceae	<i>Setaria pumila</i>	-	jachère sèche
mobénéhou	Poaceae	<i>Bracharia lata</i>	-	jachère sèche
kpahmé doha	Poaceae	<i>Eragrostis cilianensis</i>	-	jachère sèche
kpané-wouhame	Poaceae	<i>Sporobolus festivus</i>	-	jachère sèche
mognanoun	Poaceae	<i>Paspalum scrobiculatum</i>	-	jachère sèche
pénampi-gouniré	Cyperaceae	<i>Mariscus alternifolius</i>	-	jachère sèche
yaabse-mor, yamor	Poaceae	<i>Sporobolus pyramidalis</i>	-	jachère sèche